Química Orgánica

NOMENCLATURA, REACCIONES Y APLICACIONES

Javier Cruz Guardado,
María Elena Osuna Sánchez,
Guillermo Ávila García y
Alfredo Cabrera Hernández



Universidad Autónoma de Sinaloa
Dirección General de Escuelas Preparatorias

QUÍMICA ORGÁNICA

Nomenclatura, reacciones y aplicaciones

Javier Cruz Guardado, Maria Elena Osuna Sánchez,
Guillermo Ávila García y Alfredo Cabrera Hernández

Universidad Autónoma de Sinaloa
Dirección General de Escuelas Preparatorias

QUÍMICA ORGÁNICA. Nomenclatura, reacciones y aplicaciones.

1ª edición, 2005.
2ª edición, 2006.

Portada: Juan Enrique Gutiérrez Moreno

Corrección de estilo y ortografía: Javier Cruz Guardado y Guillermo Ávila García

Cuidado de la edición: Javier Cruz Guardado y Maria Elena Osuna Sánchez

Universidad Autónoma de Sinaloa
Dirección General de Escuelas Preparatorias
Ciudad Universitaria, Circuito Interior Ote. S/N
Culiacán, Sinaloa, México.

Edición con fines académicos, no lucrativos.

Prólogo

El estudio de la química orgánica en el nivel medio superior es importante en la formación de una cultura general de los estudiantes preparatorianos, en virtud de que esta disciplina les brinda los fundamentos teóricos para la comprensión de los fenómenos que suceden en la naturaleza; así como para la toma de conciencia en la conservación del medio ambiente y el mantenimiento de la calidad de vida.

La presente publicación parte del trabajo de ediciones anteriores, donde sobresalen las puntuales aportaciones de los profesores, Jesús Octavio Milán Gil, Gerardo Joel Gallardo Pineda y Silvia Valdéz Aragón. Esta nueva obra ha sido ampliada y reestructurada teniendo como base las observaciones de profesores de química del bachillerato universitario y de los propios autores.

Los contenidos de esta obra presentan la misma secuencia temática del programa de estudios vigente para el Plan ´94 de las escuelas preparatorias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, pero además puede ser utilizada por los estudiantes que cursan el Plan 84.

Con este libro es posible promover un trabajo más activo en los estudiantes, dentro y fuera del salón de clase.

El profesor podrá disponer de mayor tiempo para establecer diversas dinámicas de trabajo que motiven a los estudiantes hacia una participación más entusiasta, tanto de manera individual como grupal, derivada de la promoción de una diversidad de actividades orientadas al logro de un aprendizaje más significativo, centrado en el estudiante y vinculado a su contexto.

Además del desarrollo de los contenidos, al término de cada una de las unidades temáticas, se presenta una serie de ejercicios de autoevaluación con el propósito de que los estudiantes confronten y/o reafirmen sus aprendizajes.

Una parte complementaria a esta publicación es el *Banco de Reactivos* de *Química Orgánica*, mismo que fue elaborado de manera colegiada por un grupo de profesores comprometidos del bachillerato de la UAS y la Academia de Química de la DGEP.

Agradecemos el apoyo que para esta publicación brindaron los directivos de la Dirección General de Escuelas Preparatorias de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Así mismo agradecemos de antemano, los comentarios y sugerencias que tanto profesores como alumnos tengan a bien hacernos llegar.

ATENTAMENTE

Academia de Química, DGEP, UAS

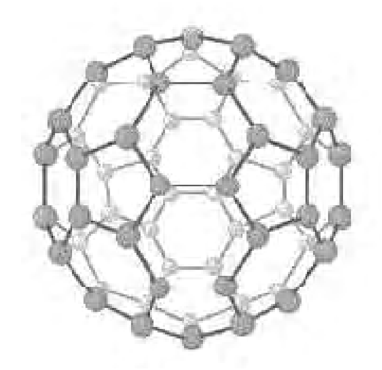
Índice

Prólogo

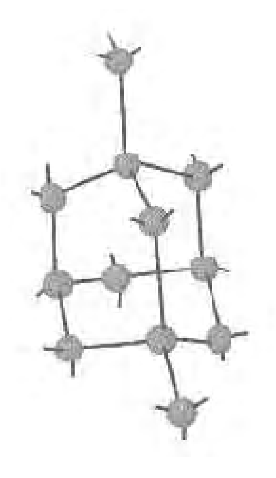
Unidad I **Química del carbono**

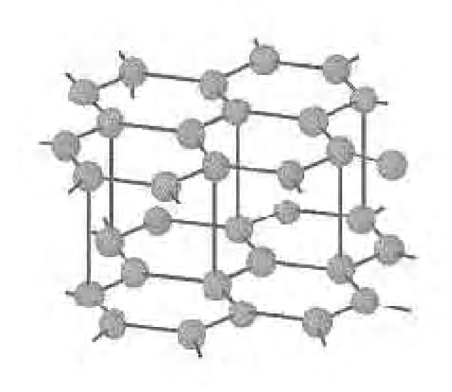
Unidad II **Funciones Químicas Orgánicas**

Unidad I



Química del Carbono





Antecedentes Históricos

La **química orgánica** se define actualmente como la química de los compuestos del carbono. Los términos química orgánica y compuestos orgánicos surgieron en el siglo XVIII de la «**teoría vitalista**», la cual sostenía que los compuestos orgánicos solamente podían ser formados o sintetizados por los organismos vivos.

Esta teoría fue planteada por **J.J.Berzelius** en ella, los compuestos como el azúcar, urea, almidón, ceras y aceites vegetales eran considerados orgánicos, pues se creía que tales productos necesitaban de una «**fuerza vital**» para ser creados por los animales y los vegetales.

La química orgánica, por lo tanto, se dedicaba al estudio de compuestos con fuerza vital, mientras que la química inorgánica al estudio de gases, rocas, minerales, y compuestos que podían prepararse a partir de ellos.



Jons Jacob Berzelius, Químico sueco.

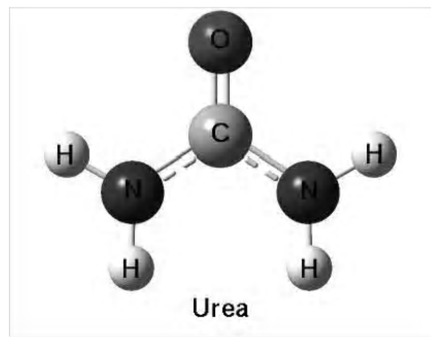


Friedrich Wöhler, Químico alemán.

En el siglo XIX, se vió la necesidad de volver a definir el significado de química orgánica. Los experimentos habían demostrado que los compuestos orgánicos podían sintetizarse a partir de compuestos inorgánicos. Uno de estos experimentos lo realizó el célebre químico alemán, **Friedrich Wöhler** en 1828. Convirtió en **urea** al cianato de amonio, que se obtenía del amoniaco y otras sustancias inorgánicas, tan sólo calentándolo en ausencia de oxígeno.

$$NH_4^{+}\ {}^{-}OCN \xrightarrow{\text{calor}} H_2N\text{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}\text{-}NH_2$$

cianato de amonio (inorgánico) → **urea** (orgánico)



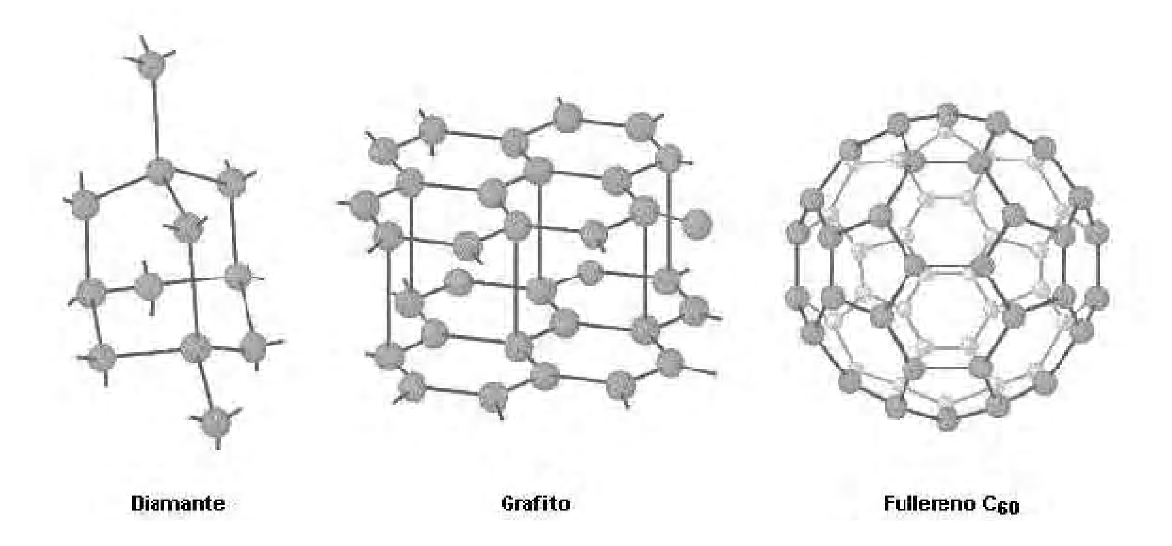
*El cianato de amonio se puede obtener con diferentes sustancias inorgánicas, algunas de ellas son:

a) $Pb(OCN)_2 + 2\ NH_4OH \rightarrow Pb(OH)_2 + 2\ NH_4OCN$
b) $KOCN + NH_4Cl \rightarrow NH_4OCN + KCl$



La **urea** se había obtenido siempre de organismos vivos y se suponía que contenía fuerza vital; sin embargo, el cianato de amonio es inorgánico, y por tanto, carece de tal fuerza. Algunos químicos afirmaron que la reacción pudo haberse contaminado con alguna huella de fuerza vital proveniente de las manos de **Wöhler**, pero la mayoría, reconoció la posibilidad de sintetizar compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos. Se llevaron a cabo muchas otras síntesis, y finalmente hubo de desecharse la teoría de la **fuerza vital.**

Hoy, aún cuando los compuestos orgánicos no necesitan una fuerza vital, se siguen diferenciando de los inorgánicos. La característica principal de estos compuestos, es que todos contienen uno o más átomos de carbono. Sin embargo, no todos los compuestos de carbono son sustancias orgánicas, pues el diamante, grafito, dióxido de carbono, cianato de amonio y carbonatos, se derivan de minerales y tienen propiedades inorgánicas características. A pesar de estas excepciones, la mayor parte de los millones de compuestos del carbono son orgánicos.



Formas alotrópicas del carbono



Características del átomo de Carbono

A principio del siglo XX, el número de compuestos inorgánicos y orgánicos era del mismo orden, unos cien mil. Actualmente se conocen muchos más compuestos orgánicos que inorgánicos. Entre 1880 y 1910, el número de compuestos orgánicos pasó de 12,000 a 150,000, en 1970, llegó a dos millones, en 1980 a 5 millones, y aproximadamente 10 millones en 1990, de seguir esta tendencia tendríamos para el año 2010 más de 20 millones. El número de compuestos inorgánicos también aumenta, pero a un ritmo mucho menor.

Pero, ¿cuál es la razón principal de que existan tantos compuestos orgánicos?, ¿qué tiene el carbono en especial, que se dedica toda una rama de la química a estudiar sus compuestos?, veamos algunas de las características del carbono y de sus compuestos.

Configuración electrónica y estructura de Lewis

El átomo de carbono es el elemento central para todos los compuestos orgánicos, tiene un número atómico (**Z**=6), por lo tanto tiene 6 electrones: Dos de ellos ocupan el orbital 1**s**, otros dos ocupan el orbital 2**s** y los dos restantes ocupan los orbitales 2**p**. Su configuración se representa como:

$$1s^2\ 2s^2\ 2px^1\ 2py^1\ 2pz^0$$

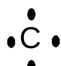
Sin embargo, esta configuración también suele representarse como $1s^2 2s^2 2p^2$.

Si observamos la configuración electrónica del átomo de carbono, encontraremos que éste posee 4 electrones de valencia, es decir, electrones que se encuentran en el nivel de energía más externo, que en éste caso particular es el nivel 2.

En un elemento representativo, el número de electrones de valencia indica el número de grupo en la tabla periódica. Así, el carbono se coloca en el grupo IV A o grupo (14).

Estructura de Lewis

Las estructuras de Lewis son muy importantes en el estudio de la química orgánica y por consiguiente el estudiante debe ser capaz de describirlas con facilidad.
Al escribir estructuras de Lewis sólo se representan los electrones de valencia. Así el átomo de carbono, se representa como:



El carbono con sus 4 electrones externos, es capaz de formar cuatro enlaces covalentes simples por compartición de sus electrones con otros átomos.

$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$$

Otras posibilidades son: un enlace covalente doble y dos enlaces covalentes simples.

$$>C=$$



Un enlace covalente triple y uno sencillo: **—C≡**

Dos enlaces covalentes: **= C =**

Ejemplo:

Así, con 4 átomos de hidrógeno el carbono puede formar una molécula estable de metano (CH_4).

La estructura de Lewis para la molécula del metano, es:

```
     H                 H
     •×                |
  H ×• C •× H      H — C — H
     ×•                |
     H                 H
```

(Cada par de electrones se puede representar con un guión).

La estructura de Lewis para la molécula de etano (C_2H_6), es:

```
     H    H              H    H
     •×   •×             |    |
  H ×• C •× C •× H   H — C —— C — H
     ×•   ×•             |    |
     H    H              H    H
```

Actividad:
¿Cuál será la estructura de Lewis para las moléculas de propano y butano, sí sus fórmulas moleculares son C_3H_8 y C_4H_{10}, respectivamente?

Como podemos apreciar en estos ejemplos, una de las razones de que existan tantos compuestos orgánicos, es la propiedad del átomo de carbono de unirse consigo mismo, posibilitando la formación de cadenas, anillos y estructuras que contienen enlaces simples, dobles o triples. A esta propiedad del carbono se le denomina **concatenación.**

El enlace del Carbono (hibridación sp^3, sp^2, sp)

Como se mencionó anteriormente, el carbono forma enlaces covalentes simples, dobles y triples. Para formar estos enlaces, el carbono no usa sus orbitales atómicos puros, sino que los combina o hibridiza para la formación del enlace molecular, en cualquiera de las tres hibridaciones siguientes: **sp^3, sp^2** o **sp.**

Aquí, es conveniente señalar que cuando el átomo de carbono se encuentra en un estado de mínima energía (estado basal) su configuración electrónica será



$1s^2\ 2s^2\ 2px^1\ 2py^1\ 2pz^0$ (estado basal)

Con esta configuración no le es posible formar cuatro enlaces. Una manera de lograrlo es, adoptando la configuración de mayor energía (estado excitado). Decimos que un átomo se excita cuando recibe energía externa. En este caso, el carbono recibe energía externa, la cual es utilizada por los electrones externos para promoverse de un subnivel a otro, de mayor energía.

$1s^2\ 2s^1\ 2px^1\ 2py^1\ 2pz^1$ (estado excitado)

Sin embargo, el carbono no utiliza estos orbitales para formar los cuatro enlaces, ya que si los utilizara tendríamos una molécula con enlaces sigma diferentes. Las evidencias experimentales nos muestran que el carbono cuando se une con cuatro átomos del mismo elemento, sus enlaces son de la misma energía y se dirigen de manera equidistante hacia los vértices de un tetraedro. Para explicar lo anterior, los químicos teóricos han propuesto que los orbitales atómicos del carbono se hibridizan.

Hibridación sp^3

Se dice que se produce una hibridación sp^3 en el átomo de carbono, cuando los orbitales 2s y 2p (uno s y tres p) se mezclan o hibridizan formando cuatro orbitales híbridos sp^3.

$1s^2\ 2s^1\ 2px^1\ 2py^1\ 2pz^1$ (estado excitado)

$1s^2\ 2(sp^3)^1\ \ 2(sp^3)^1\ \ 2(sp^3)^1\ \ 2(sp^3)^1$ (estado híbrido)

Estos orbitales híbridos tendrán la misma forma y la misma energía, por ello se dice, que son equivalentes. Presentan un arreglo geométrico tetraédrico y sus ángulos de enlace de **109.5º**.

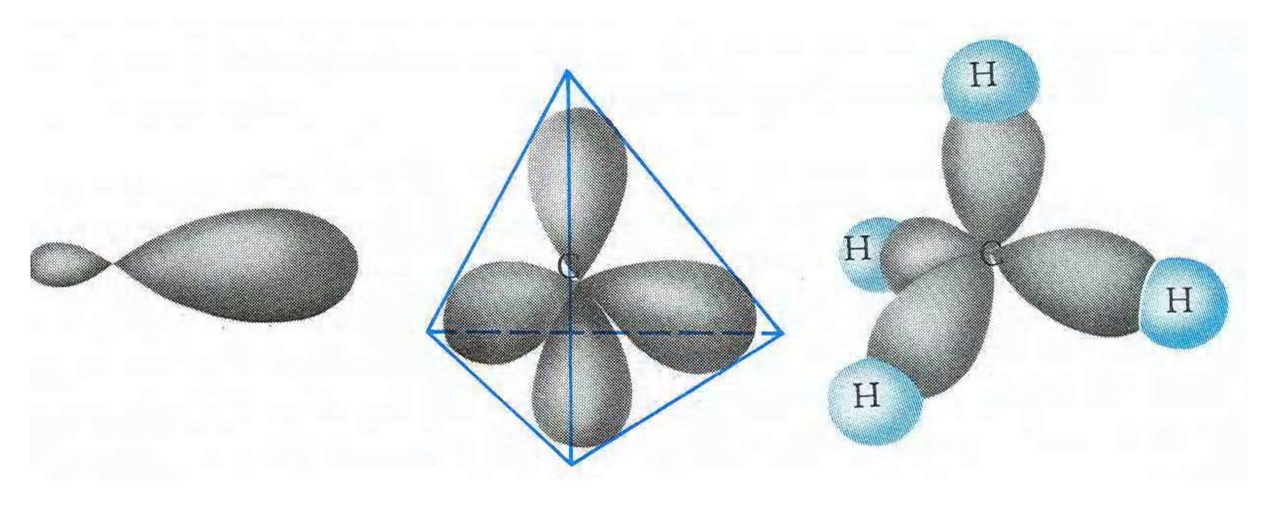
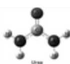


Figura 1.1 La estructura del metano se puede explicar combinando un orbital s de cada uno de los 4 hidrógenos con cada orbital híbrido sp^3 del carbono.



Ejemplos de moléculas con carbonos sp[3]

```
    H   H              H   H   H            CH2 — CH2
    |   |              |   |   |           /         \
H — C — C — H      H — C — C — C — H     CH2           CH2
    |   |              |   |   |           \         /
    H   H              H   H   H            CH2 — CH2
```

CH_3CH_3 **Etano** — $CH_3CH_2CH_3$ **Propano** — **Ciclohexano**

La hibridación **sp³** en el átomo de carbono, es característica de los alcanos. En cada caso, los enlaces formados por el átomo de carbono son enlaces sencillos (enlaces tipo sigma, **s**); los enlaces C-C se forman por el traslape de los orbitales **sp³-sp³** y los enlaces C-H por el traslape de los orbitales **sp³**-s. Podemos concluir que siempre que el átomo de carbono se una a cuatro átomos iguales o diferentes, presentará hibridación **sp³**.

Actividad:

Determinar qué tipo de hibridación presenta cada átomo de carbono y qué orbitales se traslapan o se sobreponen en la formación de cada enlace **C - H** y **C - C** en la molécula de butano.

	Hibridación	Orbitales que se traslapan
Carbono 1		
Carbono 2		
Carbono 3		
Carbono 4		
C - H		
C - C		

```
    H    H    H    H
    |1   |2   |3   |4
H — C —— C —— C —— C — H
    |    |    |    |
    H    H    H    H
```

Hibridación sp²

La hibridación **sp²** es característica de los alquenos, ella nos permite explicar sus características químicas, su geometría trigonal y los ángulos de enlace de 120**°.**

En esta hibridación se mezcla un orbital **s** con dos orbitales **p**, quedando un orbital **p** puro sin hibridizar.

$1\mathbf{s}^2\ 2\mathbf{s}^2\ 2\mathbf{px}^1\ 2\mathbf{py}^1\ 2\mathbf{pz}^0$ (estado basal)

$1\mathbf{s}^2\ 2\mathbf{s}^1\ 2\mathbf{px}^1\ 2\mathbf{py}^1\ 2\mathbf{pz}^1$ (estado excitado)

$1\mathbf{s}^2\ 2(\mathbf{sp}^2)^1\ \ 2(\mathbf{sp}^2)^1\ \ 2(\mathbf{sp}^2)^1\ \ 2\mathbf{pz}^1$ (estado híbrido)

Los tres orbitales híbridos **sp²** son usados por el átomo de carbono para formar tres enlaces **s** y el orbital **p** puro para formar el enlace p.

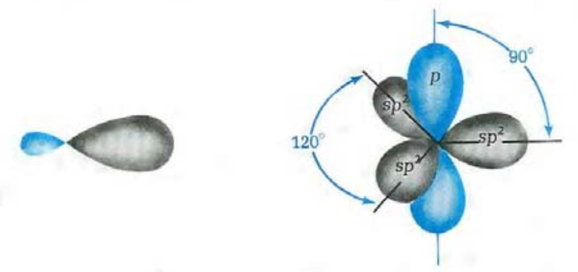
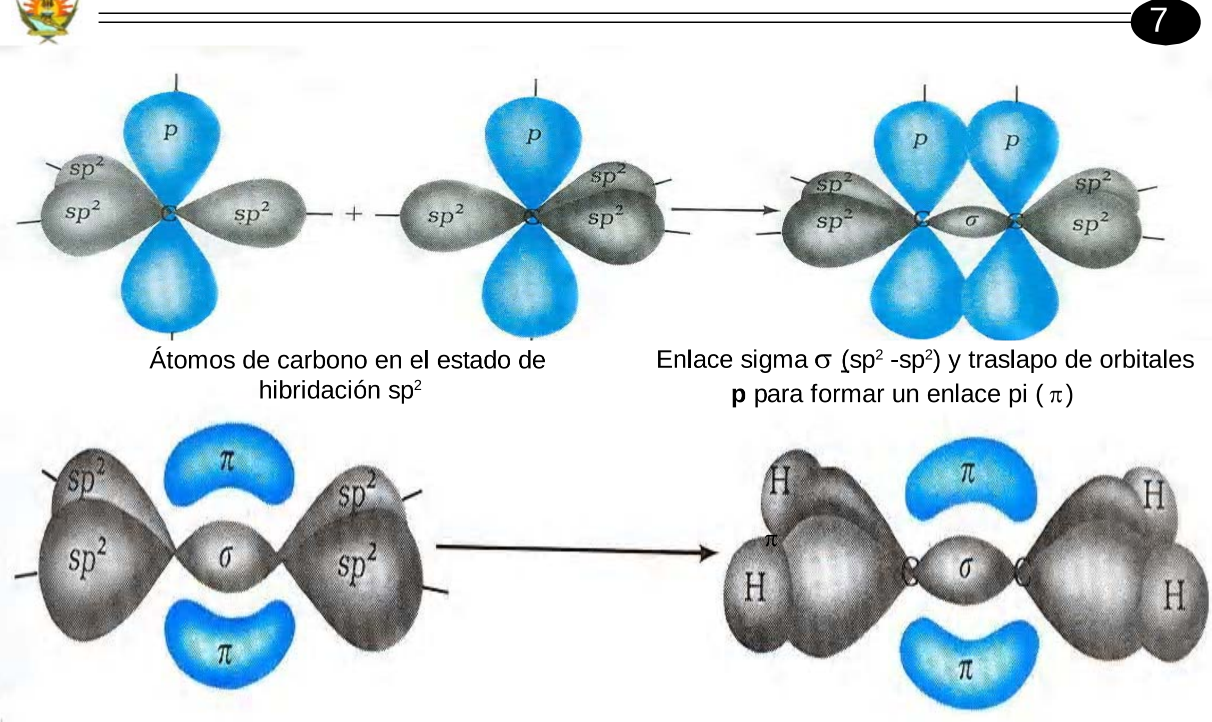


Figura 1.2 El carbono puede formar tres orbitales híbridos **sp²** equivalentes. El otro orbital **p** no forma orbitales híbridos y sus lóbulos quedan perpendiculares al plano de los orbitales híbridos **sp²**.



Átomos de carbono en el estado de hibridación sp^2

Enlace sigma σ (sp^2 -sp^2) y traslapo de orbitales **p** para formar un enlace pi (π)

Figura 1.3 Formación del doble enlace en el etileno.

Podemos concluir que cuando se forme un doble enlace entre dos átomos, sean éstos, carbono-carbono, carbono-oxígeno, carbono-nitrógeno, etc., la hibridación utilizada será $\mathbf{sp^2}$.

Las siguientes moléculas presentan carbonos con hibridación sp^2.

$CH_3-CH=O$

CH_2 — CH = CH — CH_2 — CH_2 — CH_2 (ciclo)

$CH_3-C(OH)=O$

$CH_3-CH=CH_2$ (H — C(H)(H) — C(H) = C(H) — H)

Actividad:

Determinar qué tipo de orbitales se traslapan o sobreponen para formar cada enlace en las siguientes moléculas.

$CH_3-CH=O$

$CH_3-C(OH)=O$

Hibridación sp

La hibridación **sp** es característica de los alquinos, ella nos permite explicar sus características químicas, su geometría lineal y los ángulos de enlace de 180°.

En esta hibridación se mezcla un orbital s con un orbital p, quedando dos orbitales p puros sin hibridizar.

$1\mathbf{s}^2\ 2\mathbf{s}^2\ 2\mathbf{px}^1\ 2\mathbf{py}^1\ 2\mathbf{pz}^0$ (estado basal)

$1\mathbf{s}^2\ 2\mathbf{s}^1\ 2\mathbf{px}^1\ 2\mathbf{py}^1\ 2\mathbf{pz}^1$ (estado excitado)



1**s**[2] 2(**sp**)[1] 2(**sp**)[1] 2**py**[1] 2**pz**[1] (estado híbrido)

Los dos orbitales híbridos **sp** son usados por el átomo de carbono para formar dos enlaces **s** y los orbitales **p** puros para formar dos enlaces p.

Cuando el átomo de carbono forma un triple enlace carbono-carbono, carbono-nitrógeno o dos enlaces dobles acumulados, utiliza una hibridación **sp.**

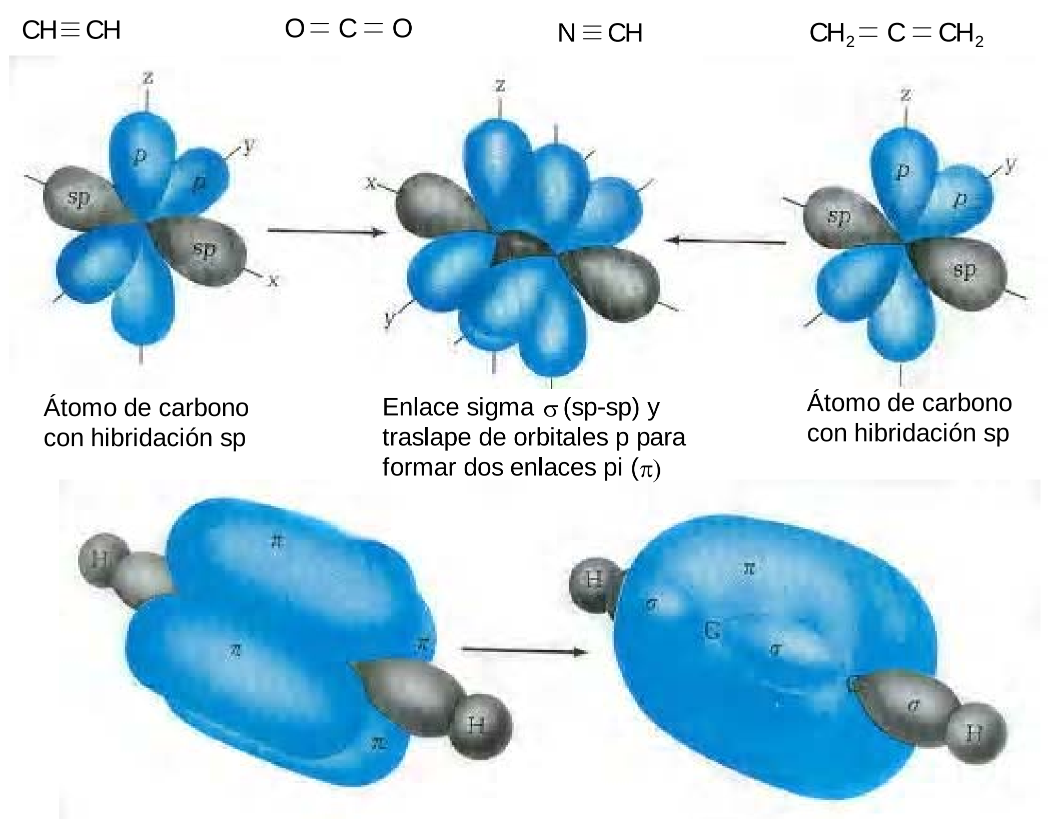


Figura 1.4 Formación del triple enlace en el acetileno.

<u>Las siguientes moléculas presentan átomos de carbono con hibridación sp</u>.

Actividad:

Determina qué tipo de orbitales se traslapan o sobreponen para formar cada enlace.

```
H           H
 \         /
  C = C = C
 /         \
H           H
```

```
          H
          |
H - C ≡ C - C - H
          |
          H
```

N ≡ C − H

<u>Isomería</u>

La isomería es un fenómeno común en la química del carbono y una de las razones que hacen aumentar el número de compuestos orgánicos en la naturaleza.

Se denominan **isómeros** a los compuestos que poseen una misma fórmula molecular, pero que presentan diferente fórmula estructural. Los siguientes compuestos son isómeros entre sí, determina en ellos su fórmula molecular.

$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & H & & H & & H & & \\ & & | & & | & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & | & & | & & \\ & & H & & H & & H & & H & & \end{array}$$

____

$$\begin{array}{ccccc} & & CH_3 & & \\ & & | & & \\ CH_3 & - & CH & - & CH_3 \end{array}$$

____

Esta propiedad de tener más de una estructura posible para una misma fórmula molecular, se denomina **isomería.**

Fórmula molecular

La fórmula molecular es un tipo de fórmula en la cual, sólo se indica el número de átomos, sin describir el arreglo existente entre ellos. También se le conoce como **fórmula condensada**.

CH_4 es la fórmula molecular del metano.

C_2H_6 es la fórmula molecular del etano.

_________ es la fórmula molecular de propano.

Fórmula gráfica

Es un tipo de fórmula en la cual se representan todas las uniones entre los átomos y se describe el arreglo espacial que existe entre elllos. También se le conoce como **fórmula desarrollada.**

La fórmula gráfica del metano (**CH_4**) es:

$$\begin{array}{ccccc} & & H & & \\ & & | & & \\ H & - & C & - & H \\ & & | & & \\ & & H & & \end{array}$$

La fórmula gráfica del etano (**C_2H_6**) es:

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & \\ & & H & & H & & \end{array}$$

Actividad:

Dibuja la fórmula gráfica del propano (C_3H_8)

Las fórmulas desarrolladas se pueden simplificar aún más, indicando las uniones entre los carbonos y omitiendo las uniones entre los átomos de carbono y los hidrógenos. Las expresiones resultantes se denominan **fórmulas estructurales** o **semicondensadas**.

Por ejemplo, en vez de escribir:

$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & H & & H & & H & & \\ & & | & & | & & | & & | & & \\ H & - & C & - & C & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & | & & | & & | & & \\ & & H & & H & & H & & H & & \end{array}$$

se escribe:

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$



Isómeros estructurales

De las fórmulas moleculares $\mathbf{CH_4}$, $\mathbf{C_2H_6}$ y $\mathbf{C_3H_8}$ se deriva un sólo compuesto. Para la fórmula $\mathbf{C_4H_{10}}$ existen dos isómeros, uno de ellos es el n-butano y el otro es el isobutano.

¿Cuántos isómeros se pueden deducir de la fórmula $\mathbf{C_5H_{12}}$?

Escríbelos, pero antes de empezar es recomendable tomar en cuenta lo siguiente.

1. El primer compuesto siempre es el de cadena normal, en este caso, de cinco carbonos.

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

2. El segundo compuesto surge de acortar la cadena un átomo de carbono, el cual se inserta como ramificación.

```
                 CH3
                  |
CH3 — CH2 — CH
                  |
                 CH3
```

3. Los siguientes compuestos surgen al seguir acortando la cadena y los carbonos restantes insertándolos como ramificaciones.

```
        CH3
         |
CH3 — C — CH3
         |
        CH3
```

4. El número de isómeros termina cuando se agotan todas la posibilidades de acomodo de los átomos.

Actividad:
Determina todos los isómeros posibles de la fórmula molecular C_6H_{14}

____________________ ____________________ ____________________

____________________ ____________________ ____________________

Si analizamos la fórmula $\mathbf{C_2H_6O}$ encontraremos que de ella se derivan dos isómeros estructurales:

Fórmula molecular	Fórmula estructural	Fórmula estructural
C_2H_6O	$CH_3 - O - CH_3$ Éter dimetílico	$CH_3 - CH_2 - OH$ Alcohol etílico

Al analizar sus estructuras encontramos que tienen el mismo tipo de átomos y en la misma proporción. Sin embargo, las estructuras de sus moléculas son diferentes, como también su función química; uno pertenece a la **función éter** y el otro a la **función alcohol**.

Isomería de posición o de lugar

La **isomería de posición o de lugar** es un tipo de isomería estructural que se presenta en alquenos y alquinos.

$CH_2{=}CH-CH_2-CH_3$ **1-buteno**

$CH_3-CH{=}CH-CH_3$ **2-buteno**

$CH{\equiv}C-C-CH_3$ **1-butino**

$CH_3-C{\equiv}C-CH_3$ **2-butino**

Existe además otro tipo de isomería; la **estereoisomería**. **Los estereoisómeros** son compuestos que poseen la misma fórmula molecular pero diferente distribución espacial de sus átomos.

Hay dos tipos de estereoisómeros: **los isómeros geométricos** y **los isómeros ópticos.**

Cis-2-buteno
Cis = del mismo lado

Trans-2-buteno
Trans = del otro lado

Este tipo de isomería no se presenta, cuando en uno de los carbonos del doble enlace se encuentran dos átomos o grupos atómicos iguales.

isómeros ópticos

$HOOC-CH(OH)-CH_3$ | ESPEJO | $HOOC-CH(OH)-CH_3$



Clasificación de compuestos orgánicos por su estructura

- **Compuestos orgánicos**
  - **Acíclicos**
    - **Saturado**
      - **Lineal, normal o sencillo**
      - **Arborescente**
    - **No saturado**
      - **Lineal, normal o sencillo**
      - **Arborescente**
  - **Cíclicos**
    - **Homocíclico**
      - **Alicíclico**
        - **Saturado**
          - **Sencillo**
          - **Arborescente**
        - **No saturado**
          - **Sencillo**
          - **Arborescente**
      - **Aromático**
        - **Sencillo**
        - **Arborescente**
    - **Heterocíclico**
      - **Saturado**
        - **Sencillo**
        - **Arborescente**
      - **No saturado**
        - **Sencillo**
        - **Arborescente**

Esta clasificación nos permite agrupar a los compuestos, en dos grandes grupos: acíclicos o cíclicos, saturados o no saturados, sencillos o arborescentes, homocíclicos o heterocíclicos.



Acíclicos y cíclicos

El siguiente conjunto de compuestos orgánicos son todos **acíclicos**.

$CH_3-CH_2-CH_3$ $\quad$ $CH_2=CH-CH_3$ $\quad$ $CH_3-C\equiv C-CH_3$ $\quad$ CH_3-O-CH_3

$Cl-CH_2-CH_2-CH_3$ $\quad$ $CH(CH_3)(CH_3)-CH_2-CH_3$ $\quad$ CH_3-CH_2-OH

Aunque etimológicamente podemos llegar a la definición **de compuesto acíclico,** identifica las características que presentan los compuestos anteriores y construye tu propio concepto.

____

Los siguientes compuestos orgánicos son **cíclicos.**

Ciclo de cinco CH_2 (ciclopentano) $\quad$ Ciclo de cuatro CH_2 (ciclobutano) $\quad$ Ciclo de tres CH_2 (ciclopropano)

Un compuesto **acíclico,** es un compuesto orgánico cuyos átomos de la cadena principal se unen en forma abierta.

¿Cómo definirías a un compuesto cíclico ?

____

El siguiente conjunto de compuestos son todos saturados.

$CH_3-CH_2-CH_3$ $\quad$ ciclo $CH_2-CH_2-CH_2$ $\quad$ $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$

Un **compuesto saturado,** es aquel cuyos átomos de la cadena se encuentran unidos por enlaces covalentes simples.

Los siguientes compuestos son **insaturados.**

$CH_2=CH-CH_3$ $\quad$ $CH_3-C\equiv C-CH_3$ $\quad$ (anillo bencénico)

¿Cómo definirías a un compuesto insaturado?

____

La palabra **arborescencia** significa **ramificación**. Por tanto, la presencia o no de un grupo insertado en la cadena, nos lleva a clasificar a los compuestos orgánicos como arborescentes o normales (lineales o sencillos).

El siguiente conjunto de compuestos son arborescentes.

$CH_3-CH(CH_3)-CH_3$ $\quad$ $CH_3-CH(CH_3)-C\equiv C-CH_3$ $\quad$ $CH_3-CH=C(CH_3)-CH_3$

A los **compuestos acíclicos** también se les conoce como **alifáticos**.

Actividad:

Investiga el significado de la palabra alifático.

Actividad:

¿Qué significa que un compuesto sea de cadena lineal?

¿Los alcanos de cadena normal tienen realmente una estructura lineal?

A continuación se muestran algunos ejemplos de compuestos homocíclicos.

CH_2 — CH_2 / CH_2 (ciclopropano)

CH_2 — CH_2 / CH_2 — CH_2 (ciclobutano)

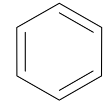
CH_2 — CH_2 / CH_2 CH_2 / CH_2 (ciclopentano)

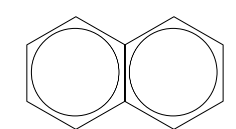
(anillo bencénico)

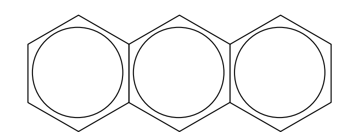
Con base en las características esenciales encontradas en los compuestos anteriores ¿cómo definirías a un **compuesto homocíclico**?

A los compuestos homocíclicos que no son aromáticos se les conoce también con el nombre de **alicíclicos**. La palabra **alicíclico** se deriva de la conjunción de las palabras alifático y cíclico (hidrocarburos cíclicos no aromáticos).

Los compuestos homocíclicos que presentan el anillo bencénico se denominan **aromáticos** debido a que muchos de ellos poseen aromas característicos. En la actualidad, un **compuesto aromático** se define como aquél que posee un anillo de benceno en su estructura, por ejemplo**:**







Un **compuesto heterocíclico,** es un compuesto orgánico en cuya cadena cerrada existen, además de átomos de carbono, uno o más átomos distintos (heteroátomos), como el nitrógeno (**N**), oxígeno (**O**), azufre(**S**), principalmente.

CH — CH / CH CH / O (furano)

CH — CH / CH CH / S (tiofeno)

CH — CH / N CH / CH = CH (piridina)

Clasificación de los compuestos orgánicos por su grupo funcional

Los compuestos orgánicos generalmente se clasifican según las propiedades de los grupos más característicos y reactivos que contienen. Muchos compuestos contienen uno solo de estos grupos y un residuo inerte que consta de átomos de carbono e hidrógeno.

El átomo o grupo de átomos que definen la estructura de una familia de compuestos orgánicos, la cual determina sus propiedades, se denomina **grupo funcional.**

El grupo (-**OH)** es un ejemplo de grupo funcional. El conjunto de compuestos orgánicos que lo poseen, presentan propiedades químicas similares y pertenecen a la familia de los alcoholes.

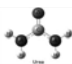
Los alcanos y cicloalcanos son la única clase de compuestos que no tienen grupo funcional, ya que contienen exclusivamente átomos de carbono e hidrógeno y se encuentran saturados (aunque algunos consideran que los enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno son los grupos funcionales de estos compuestos). Los dobles y triples enlaces, carbono-carbono, se consideran como grupo funcional porque son centros en los cuales pueden ocurrir reacciones de adición y además tienen efecto sobre los átomos adyacentes.

Al conjunto de compuestos orgánicos o familias que poseen un mismo grupo funcional se le denomina **función o familia química.**

La interconversión de un grupo funcional en otro, constituye gran parte del trabajo de la química orgánica.

COMPUESTOS Y GRUPOS FUNCIONALES ORGÁNICOS COMUNES

Clase	Estructura gral	Gpo. funcional	Ejemplo
Alcanos	R-H	Los enlaces C-H y C-C	$CH_3 — CH_2 — CH_3$
Alquenos	R — CH = CH — R	doble enlace carbono-carbono	$CH_2 = CH_2$
Alquinos	R — C ≡ CH	triple enlace carbono- carbono	CH ≡ CH
Compuestos aromáticos	(anillo de benceno)	anillo de benceno	(benceno) — CH_3
Halogenuros de alquilo	R-**X**	**X** = F, Cl, Br, I.	$CH_3 — CH_2 — Cl$
Alcoholes	R-**OH**	grupo hidroxilo (oxhidrilo)	$CH_3 — CH_2 — OH$
Éteres	R-**O**-R	oxígeno entre dos grupos alquilo (alcoxi)	$CH_3 — O — CH_3$

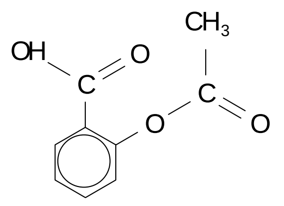


Cetonas	R-CO-R	Grupo carbonilo	$CH_3-C(=O)-CH_3$
Aldehídos	**R-CHO**	Grupo carbonilo	$CH_3-CH=O$
Ácidos carboxílicos	**R-COOH**	Grupo carboxilo	$CH_3-C(=O)-OH$
Ésteres	**R-COO-R**	Grupo carboalcoxi	$CH_3-C(=O)-O-CH_3$
Amidas	**R-CONH$_2$**	Grupo carboxamida	$CH_3-C(=O)-NH_2$
Aminas	R-**NH$_2$**	Grupo amina	$CH_3-CH_2-NH_2$

Actividad:

1. En los siguientes compuestos, identifique los grupos funcionales presentes, encerrándolos y escribiendo su nombre correspondiente.

Vainillina
(agente saborizante en la vainilla)



Ácido Acetilsalicílico o aspirina
(analgésico, fármaco para aliviar el dolor)

Colesterol
(una posible causa de enfermedad) de las coronarias

Progesterona
(Suprime la ovulación)



2. Con relación al grupo funcional de las siguientes moléculas, escribe el nombre de la familia a que pertenece:

$CH_3-CH=CH_2$

____

$CH_3-CH_2-O-CH_3$

____

$CH_3-CH_2-CH_2-CH=O$

____

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

____

$CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$

____

$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-O-CH_3$

____

$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

____

$CH_3-CH_2-C(=O)-CH_3$

____

$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$

____

$CH_3-C\equiv C-CH_2-CH_3$

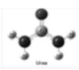
____

$CH_3-CH(Cl)-CH_2-CH_3$

____

C_6H_5-OH

____



El Petróleo, fuente natural de hidrocarburos

El petróleo se conoce desde la prehistoria. La biblia lo menciona como betún o asfalto.
Petróleo es una palabra castellana que viene del latín **petroleum** (petra = **piedra** y oleum = **aceite**).
Los habitantes de Mesoamérica conocían y usaban el petróleo. En algunas ocasiones, como impermeabilizante en sus embarcaciones.
Le conocieron como «chapopote», que viene del náhuatl «chapoctli» (**chiahautl** = grasa y **poctli** = humo).

¿Cómo se formó el petróleo?

Existen varias teorías sobre la formación del petróleo. Sin embargo, la más aceptada es la **teoría orgánica** que supone que se originó por la descomposición de los restos de animales y algas microscópicas acumuladas en el fondo de las lagunas y en el curso inferior de los ríos.
Esta materia orgánica se cubrió paulatinamente con capas cada vez más gruesas de sedimentos, al abrigo de las cuales, en determinadas condiciones de presión, temperatura y tiempo, se transformó lentamente en hidrocarburos (compuestos formados de carbón e hidrógeno), con pequeñas cantidades de azufre, oxígeno, nitrógeno, trazas de metales como fierro, cromo, níquel y vanadio, cuya mezcla constituye el petróleo crudo.

Estas conclusiones se fundamentan en la localización de los mantos petroleros, ya que todos se encuentran en terrenos sedimentarios. Además, los compuestos que forman los elementos antes mencionados son característicos de los organismos vivientes.

Ahora bien, existen personas que no aceptan esta teoría. Su principal argumento estriba en el hecho inexplicable de que si es cierto que existen más de 30,000 campos petroleros en el mundo entero, hasta ahora solo 33 de ellos constituyen grandes yacimientos. De esos, 25 se encuentran en el Medio Oriente y contienen más del 60% de las reservas probadas de nuestro planeta.

Uno se pregunta, entonces ¿Cómo es posible que tantos animales se hayan muerto en menos del 1% de la corteza terrestre, que es el porcentaje que le corresponde al Medio Oriente?

Indudablemente que la respuesta a esta pregunta, si la teoría orgánica es válida, sólo se puede encontrar en la Biblia, donde se describe al Edén como un lugar rodeado por cuatro ríos (siendo uno de ellos el Éufrates), en cuyo centro se encuentra el «Arbol de la Vida».
Esta respuesta probablemente no suena muy científica, pero ¿acaso no justifica el hecho de que el Medio Oriente contenga el cementerio de animales más grande del mundo, origen de sus reservas petroleras?
Naturalmente que existen otras teorías que sostienen que el petróleo es de origen inorgánico o mineral. Los científicos rusos son los que más se han preocupado por probar esta hipótesis. Sin embargo, estas proposiciones tampoco se han aceptado en su totalidad.

Una versión interesante de este tema, es la que publicó Thomas Gold en 1986. Este científico europeo, dice que el gas natural (el metano) que suele encontrarse en grandes cantidades en los yacimientos petroleros, se pudo haber generado a partir de los meteoritos que cayeron durante la formación de la Tierra hace millones de años.

Los argumentos que presenta están basados en el hecho de que se han encontrado en varios meteoritos más de 40 productos químicos semejantes al kerógeno que se supone es

el precursor del petróleo.Y como los últimos descubrimientos de la NASA han probado que las atmósferas de los otros planetas tienen un alto contenido de metano, no es de extrañar que esta teoría esté ganando más adeptos cada día.
Podemos concluir que a pesar de las innumerables investigaciones que se han realizado, no existe una teoría infalible que explique sin lugar a dudas el origen del petróleo, pues ello implicaría poder descubrir los origenes de la vida misma.

¿Qué es el petróleo?

Cualquiera que tenga un cierto sentido de observación puede describir al petróleo como un líquido viscoso cuyo color varía entre amarillo y pardo obscuro hasta negro, con reflejos verdes, además tiene un olor característico y flota en el agua.

Pero si se desea saber todo lo que se puede hacer con el petróleo, esta definición es insuficiente. Es necesario profundizar el conocimiento para determinar no sólo sus propiedades físicas, sino también las propiedades químicas de sus componentes.

Como dijimos anteriormente, el **petróleo** es una **mezcla de hidrocarburos**, compuestos que contienen en su estructura molecular, carbono e hidrógeno principalmente.

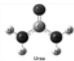
El petróleo es una mezcla de hidrocarburos que contienen en menor proporción, otros elementos como, **O**, **S**, **N** e incluso metales, como **Ni**, **Fe** y **V**.
El número de átomos de carbono y la forma en que están colocados dentro de las moléculas de los diferentes compuestos, proporcionan al petróleo diferentes propiedades físicas y químicas.

Tabla 2

Nombre	# de Carbonos	Uso
Gas natural	C_1 a C_4	Combustible
Éter de petróleo	C_5 a C_7	Disolvente
Gasolina	C_5 a C_{12}	Combustible para autos
Queroseno	C_{12} a C_{16}	Combustible para aviones
Aceite ligero	C_{15} a C_{18}	Diesel
Aceite lubricante	C_{16} a C_{20}	Lubricación
Parafina	C_{20} a C_{30}	Velas
Asfalto	mayores de C_{30}	Pavimento
Residuo	mayores de C_{30}	Combustible

Así, tenemos que los hidrocarburos compuestos por uno a cuatro átomos de carbono son gaseosos, los que contienen de 5 a 20 son líquidos, y los de más de 20 son sólidos a temperatura ambiente.

México es el **quinto productor** mundial **de crudo**, después de la Comunidad de Estados Independientes, Arabia Saudita, Estados Unidos e Irán. A partir de la **Expropiación Petrolera** de **1938**, realizada por el presidente **Lázaro Cárdenas**, nació la empresa estatal **Petróleos Mexicanos** en 1940. Hoy se extrae el petróleo de cuatro zonas principales:



* Chiapas -Tabasco
* Sonda de Campeche
* Paleocañón de Chicontepec
* Cuenca de Sabinas

El petróleo se encuentra «entrampado» por formaciones geológicas. Ocupa los poros de ciertas rocas en los yacimientos y está sometido a la presión del llamado «gas natural». Cuando se perfora un pozo, la presión hace que el crudo fluya a través de los poros y la tubería del pozo.

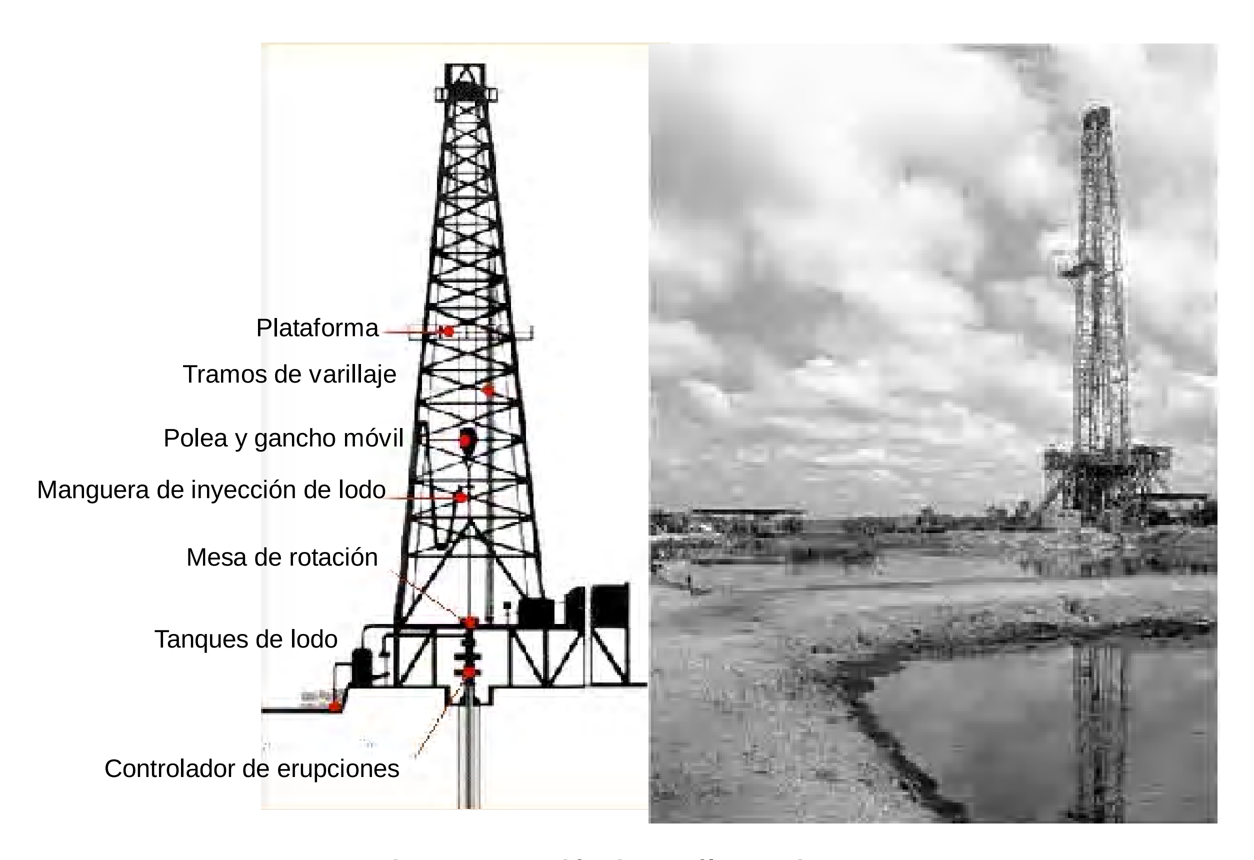


Fig. 1.6 Extracción de petróleo en tierra

El petróleo que se extrae del subsuelo tiene más valor cuanto mayor es la cantidad de hidrocarburos ligeros (de entre 5 y 12 carbonos) que contiene, ya que ésta es la fracción de la que se obtienen las gasolinas. De los pozos mexicanos se extraen esencialmente tres **tipos de crudos**:

***Olmeca** (o superligero) que es el de más alta calidad y de más alto valor por barril.
***Istmo** (o ligero), con baja densidad debido a su alto contenido de hidrocarburos ligeros, aunque inferior al Olmeca.
***Maya** (o pesado), con alta densidad.

Separación del petróleo en sus fracciones

El petróleo crudo varía mucho en su composición; esto depende del tipo de yacimiento de donde provenga, pero en promedio podemos considerar que contiene entre 83 y 86% de carbono y entre 11 y 13% de hidrógeno.

Mientras mayor sea el contenido de carbón en relación con el de hidrógeno, mayor es la cantidad de productos pesados que tiene el crudo. Esto depende de la antigüedad y de algunas características de los yacimientos. No obstante, se ha comprobado que entre más viejos son, tienen más hidrocarburos gaseosos y sólidos y menos líquidos entran en su composición.

En la composición del petróleo crudo también figuran los derivados de azufre (que huelen a huevo podrido), además del carbono e hidrógeno. Algunos crudos contienen compuestos hasta de 30 a 40 átomos de carbono.

¿Cómo se puede separar el petróleo en sus diferentes fracciones?

El sentido común dice que hay que calentarlo. Así, a medida que sube la temperatura, los compuestos con menos átomos de carbono en sus moléculas que son gaseosos) se desprenden fácilmente; después, los compuestos líquidos se vaporizan y también se separan, y así sucesivamente, se obtienen las diferentes fracciones.

En las refinerías petroleras, estas separaciones se efectúan en las torres de enfriamiento o de destilación primaria. Para ello, primero se calienta el crudo de 370°C a 400°C para que entre vaporizado a la torre de destilación. Aquí, los vapores suben a través de pisos o compartimientos que impiden el paso de los líquidos de un nivel a otro. Al ascender por los pisos, los vapores se van enfriando. Este enfriamiento, da lugar a que en cada uno de los pisos se vayan condensando distintas fracciones, cada una de las cuales posee una temperatura específica de licuefacción.

Los primeros vapores que se licuan son los del gasóleo pesado, entre 300°C y 370°C; después, el keroseno, entre 260°C y 350°C; a continuación, el combustóleo entre 170°C y 290°C; la nafta entre 110°C y 195°C y por último, la gasolina y los gases combustibles entre 30°C y 180°C que salen de la torre de enfriamiento todavía en forma de vapor. Esta última fracción se envía a otra torre de destilación en donde se separan los gases de la gasolina.

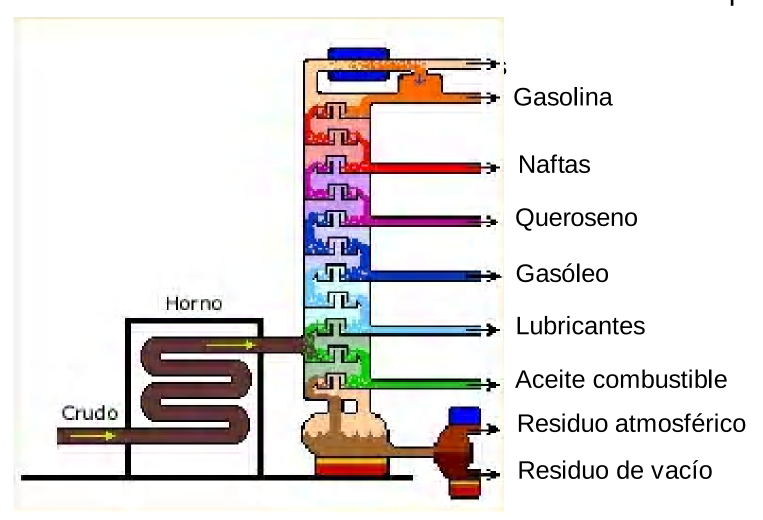




Fig.1.7 Torre de destilación



Ahora bien, en esta torre de fraccionamiento la destilación se lleva a cabo a presión atmosférica. Por lo tanto, sólo pueden separarse, sin descomponerse, los hidrocarburos que contienen de 1 a 20 átomos de carbono.

Para poder recuperar más combustible de los residuos de la destilación primaria es necesario pasarlos por otra torre de fraccionamiento que trabaja a alto vacío, o sea, a presiones inferiores a la atmosférica para evitar su descomposición térmica, ya que los hidrocarburos se destilarán a más baja temperatura.

En la torre de vacío se obtienen sólo dos fracciones, una de destilados y otra de residuos. De acuerdo con el tipo de crudo que se esté procesando, la primera fracción es la que contiene los hidrocarburos que constituyen los aceites lubricantes y las parafinas, y los residuos son los que tienen los asfaltos y el combustible pesado.

De los gases incondensables, el metano es el hidrocarburo más ligero, pues contiene sólo un átomo de carbono y cuatro de hidrógeno. El que sigue es el etano, que está compuesto por dos átomos de carbono y seis de hidrógeno.

El metano es el principal componente del gas natural. Se suele vender como combustible en las ciudades que cuentan con una red de tuberías especiales para su distribución. Este combustible tiene cantidades significativas de etano.

El gas **LP** es el combustible que se distribuye en cilindros y tanques estacionarios para casas y edificios. Este gas está formado por hidrocarburos de tres y cuatro átomos de carbono, denominados propano y butano respectivamente.

La siguiente fracción está constituida por la gasolina virgen, que se compone de hidrocarburos de cuatro a nueve átomos de carbono. La mayoría de estas moléculas presentan estructura lineal, mientras que otras forman ciclos de

La fracción que contiene de 10 a 14 átomos de carbono tiene temperaturas de ebullición de 260 °C a 350 °C, que corresponden a la fracción denominada querosina, de la cual se extrae el combustible para los aviones de turbina, llamado turbosina.

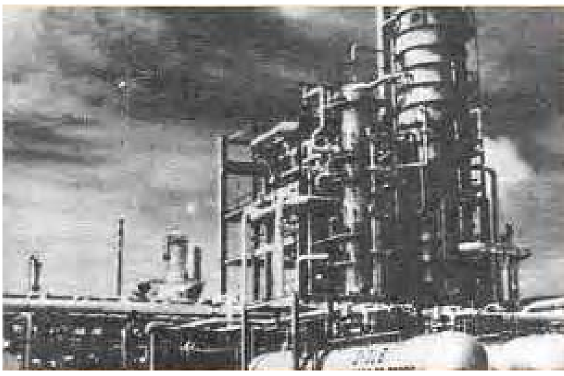


Fig. 1.8 Refinería de petróleo

La última fracción que se destila de la torre primaria es el gasóleo, que tiene un intervalo de ebullición de 275 °C a 400 °C y contiene de 15 a 18 átomos de carbono. De aquí se obtiene el combustible llamado diesel, que, como ya dijimos, sirve para los vehículos que usan motores diesel como los tractores, locomotoras, camiones, trailers y barcos.

De todo lo que hemos descrito en este tema, se ve claramente cómo casi el total de cada barríl de petróleo que se procesa en las refinerías, se destina a la fabricación de combustibles. La cantidad de gasolina virgen obtenida depende del tipo de petróleo crudo (pesado o ligero), ya que en cada caso el porcentaje de esta fracción es variable.

¿Qué significa el octanaje en una gasolina?

Las gasolinas mexicanas se venden con dos tipos de octanaje la **premium** y la **magna**.

Un motor está diseñado para que primero la gasolina gasificada sea admitida al pistón y, luego de ser comprimida, la chispa de la bujía provoque la explosión.

No convienen aquellas gasolinas que explotan mientras son comprimidas, o sea, que se queman prematuramente (preignición) pues ello provoca que el pistón se extienda antes de que el cigüeñal haya completado su ciclo, lo que se escucha como un golpeteo llamado «cascabeleo», que acaba con los motores.

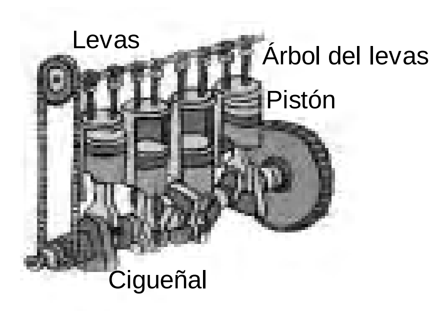


Fig. 1.9 Motor de combustión interna

La tendencia a no producir «cascabeleo» se indica con el grado de octanaje (o grado de octano) de cada gasolina.

Hace 50 años, se descubrió que de todos los compuestos que forman la gasolina, el heptano normal (un hidrocarburo con siete átomos de carbono en forma lineal) es el que provoca la peor detonación. Por ello se le asignó un valor de cero en la escala correspondiente.

El compuesto que detonaba menos era el de ocho átomos de carbono, formando una cadena ramificada llamada isooctano. Se le dio un valor de 100, y así nacieron los índices de octano u octanaje de las gasolinas.

Hidrocarburos tomados como base para la medición del octanaje

Tabla 3

Octanaje	**Hidrocarburo**	**Comportamiento en el motor**
0	n-heptano	pésimo
100	2,2,4-trimetilpentano(isooctano)	excelente

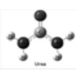
Pero ¿cómo se determinan prácticamente los octanajes de las gasolinas?

Existen aparatos especiales para medir las detonaciones que provocan. El resultado se compara con mezclas de heptano e isooctano hasta encontrar aquella que produzca un efecto semejante.

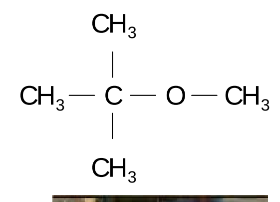
Así, por ejemplo, si cierta gasolina tiene características detonantes parecidas a las de una mezcla en 90% de isooctano y 10% de heptano normal, entonces se le asigna un índice de octano 90.

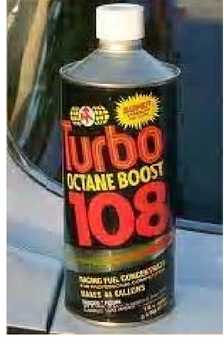


Fig. 1.10 Motor para medir el octanaje de una gasolina. Mide el golpeteo del motor al quemar la muestra de gasolina



¿Cómo se consigue aumentar el índice de octano en la gasolina?





La gasolina que se obtiene directamente del petróleo tiene un octanaje de 50 y 55, es decir, es bastante mala para el uso de los motores. En la refinería debe recibir diversos tratamientos químicos para convertir los hidrocarburos lineales o poco ramificados, en otros muy ramificados o del tipo aromático, para alcanzar un buen octanaje.

Finalmente, se agregan diversos aditivos a la gasolina de conveniente octanaje y se pone en el mercado. Hoy en día las gasolinas **"Premium"** y **"Magna",** tienen un octanaje de **93** y **87**, respectivamente y en ellas se utiliza como aditivo el éter terbutílmetílico.

Fig. 1.10 El turbo 108 es un elevador de octanaje en la gasolina utilizado en los Estados Unidos de Norteamérica y es ideal para la competencia de

¿Qué es la petroquímica?

La petroquímica comprende la elaboración de los productos químicos que se derivan de los hidrocarburos del petróleo y del gas natural, con excepción de los hidrocarburos combustibles, lubricantes, ceras y asfaltos.

Los petroquímicos no se consideran como un tipo o clase particular de productos químicos, ya que muchos de ellos han sido y continúan siendo fabricados con otras materias primas.

Así por ejemplo, el benceno, el metanol y el acetileno se pueden producir a partir del carbón de hulla. El glicerol se obtiene de las grasas, el etanol por fermentación de la caña de azucar, el azufre de los depósitos minerales.

Sin embargo, todos ellos también se producen a partir del petróleo y en grandes volúmenes. Algunos productos químicos, se obtienen en la actualidad casi totalmente del petróleo, un caso típico es el e la acetona que originalmente se producía a partir de la destilación de la madera y, posteriormente, de la fermentación de los productos agrícolas.

El desarrollo de la química moderna después de casi 50 años ha demostrado que el petróleo es la materia prima ideal para la síntesis de la mayor parte de los productos químicos de gran consumo. Además de su gran abundancia y disponibilidad, está constituido por una gran variedad de compuestos que presentan todas las estructuras carboniladas posibles, lo que permite acrecentar aún más las posibilidades de nuevos productos.

La importancia de la petroquímica estriba en su capacidad para producir grandes volúmenes de productos a partir de materias primas abundantes y a bajo precio.

Los siete productos básicos de la industria química orgánica

Se muestra la estructura de los siete productos básicos para la industria química orgánica, a partir de los cuales se derivan todos los demás productos importantes.



CH_4
metano

$CH_2{=}CH_2$
etileno

$CH_3{-}CH{=}CH_2$
propileno

$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$
butadieno

benceno

CH_3
tolueno

CH_3 CH_3
para-xileno

CH_3 CH_3
orto-xileno

CH_3 CH_3
meta-xileno

Productos básicos de la industria química orgánica



Autoevaluación de la unidad I

1. Describe brevemente los planteamientos de la teoría de la fuerza vital.

____

____

2. Escribe el nombre del primer compuesto orgánico obtenido en forma sintética, que originó la caída de la teoría de la fuerza vital. Así como el nombre del científico alemán que realizó dicho experimento.

____

____

3. Investiga las características o propiedades del carbono.

____

____

4. Investiga el mayor número de características o propiedades de los compuestos orgánicos

____

____

5. Indique el tipo de hibridación que presenta cada uno de los carbonos presentes en los siguientes compuestos.

```
    H   H                 H      H            H   H          H
    |1  |2              3 |  2 /              5|  4|  3   2  1|
H — C — C — H        H — C — C            H — C — C — C ≡ C — C — H
    |   |                 |   \\ 1             |   |          |
    H   H                 H     C — H          H   H          H
                               /
     a)              b)       H                    c)
```

Compuesto	Carbono 1	Carbono 2	Carbono 3	Carbono 4	Carbono 5	
a						
b						
c						

6. En los siguientes compuestos, indique el tipo de enlace existente entre los átomos:

(1) Sigma
(2) Un sigma y un pi
(3) Un sigma y dos pi

```
    H               H
    |               |
H — C — C ≡ C — C — H
    |               |
    H               H
```

```
H       H
 \     /
  C = C
 /     \   H
H       \ /
      H — C
           \   H
            \ /
         H — C
              \
               H
```



7. ¿Cuáles de las siguientes fórmulas representan isómeros estructurales entre sí?

a) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

b) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

c)
```
CH3
 |
CH — CH2 — CH3
 |
CH3
```

d)
```
CH3
  \
   CH
  /  \
CH2 — CH2
```

e)
```
      CH3  CH3
       |    |
CH3 — C  —  C — CH3
       |    |
      CH3  CH3
```

f)
```
CH3 — CH2 — CH — CH3
              |
             CH2
              |
             CH3
```

g) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

h)
```
      CH2
     /   \
CH2 —— CH — CH2 — CH3
```

8. Relaciona ambas columnas.

a) $CH_3-CH_2-CH_3$ ( ) Compuesto heterocíclico saturado sencillo

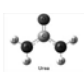
b)
```
CH3 — CH — CH3
       |
      CH3
```
( ) Compuesto homocíclico aromático sencillo

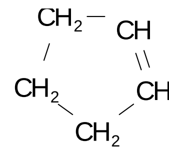
c)
```
         CH3
        /
CH2 == C
        \
         CH3
```
( ) Compuesto homocíclico alicíclico insaturado sencillo

d) $CH\equiv C-CH_3$ ( ) Compuesto acíclico saturado sencillo

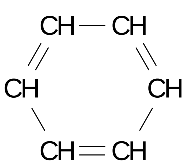
e)
```
CH2 — CH2
  \   /
   CH2
```
( ) Compuesto acíclico insaturado arborescente

f)
```
CH2 — O
  \   /
   CH2
```
( ) Compuesto acíclico insaturado sencillo



g) 

(   ) Compuesto heterocíclico insaturado

h) 

(   ) Compuesto homocíclico alicíclico saturado sencillo

9. ¿Cómo definirías al **petróleo**?

____

____

10. ¿Cuántos tipos de **crudo** se extraen de los pozos petroleros mexicanos?,¿cuál es de mayor calidad? y ¿por qué?

____

____

11. ¿Cómo se separan del petróleo las diferentes fracciones?

____

____

12. ¿Qué significan las siglas **gas LP**?

____

____

13. ¿Qué significado tiene el **octanaje** en una gasolina?

____

____

14. Identifica, encierra y nombra los **grupos funcionales** presentes en la siguiente molécula.

____

____

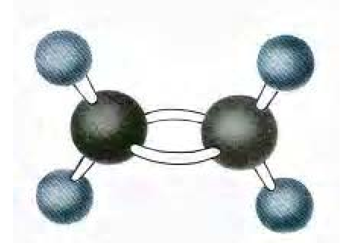
Cl
O
Cl — (anillo) — O — CH_2 — C
Cl
OH

ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético

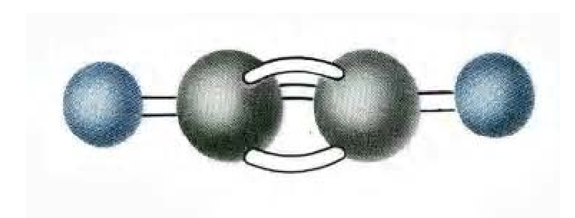
(Conocido como agente naranja, fue utilizado como defoliante en la guerra de Vietnam y en algunos países como el nuestro, se utiliza contra la maleza).

Unidad II

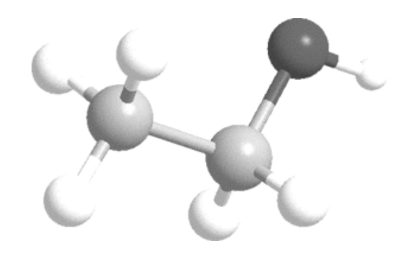




Funciones Químicas Orgánicas









Un poco de historia...

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
(International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC)

En la época de la alquimia, los nombres de los compuestos químicos se fueron asignando generalmente por sus propiedades o fuente de orígen. Estos nombres se conocen hoy, como nombres comunes o triviales.

En la búsqueda de un lenguaje químico aparecieron no sólo uno, sino varios sistemas de nomenclatura. Así, para un mismo compuesto existían varios nombres. Por ejemplo, la urea recibió los nombres: carbamida, carbonildiamida y acuadrato. Esto llevó a establecer un sistema de nomenclatura internacional acordado por la comunidad científica.

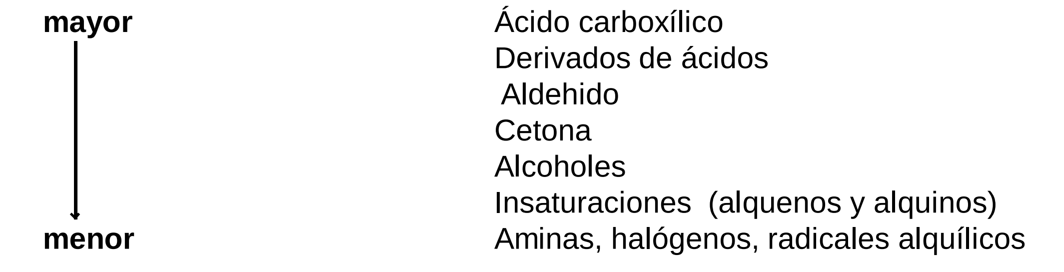
En **1782 Guyton de Morveau** desarrolló un sistema de nomenclatura, el cual cinco años después fue ampliado y popularizado con el nombre de ***Methode de Nomenclature Chimique*** por **Lavoisier**, **Berthollet** y **Fourcroy**.

En **1892** se llevó a cabo una reunión internacional en **Ginebra**, la cual sentó las bases para la aceptación de un sistema de nomenclatura de química orgánica. Desde entonces hasta la fecha, la **IUPAC** ha venido realizando reuniones permanentes en diferentes países con la finalidad de revisar sus propias reglas.

Una de las reglas más importantes de la IUPAC, es la de haber aprobado el uso de un solo sufijo al nombre de la cadena carbonada, cuando exista más de un grupo funcional. Este sufijo deberá ser aquél que corresponda al grupo funcional que le imprime mayor carácter a la molécula.

Para determinar qué grupo funcional tiene prioridad para ser nombrado como sufijo utilicemos la siguiente tabla.

Orden de prioridad en la nomenclatura

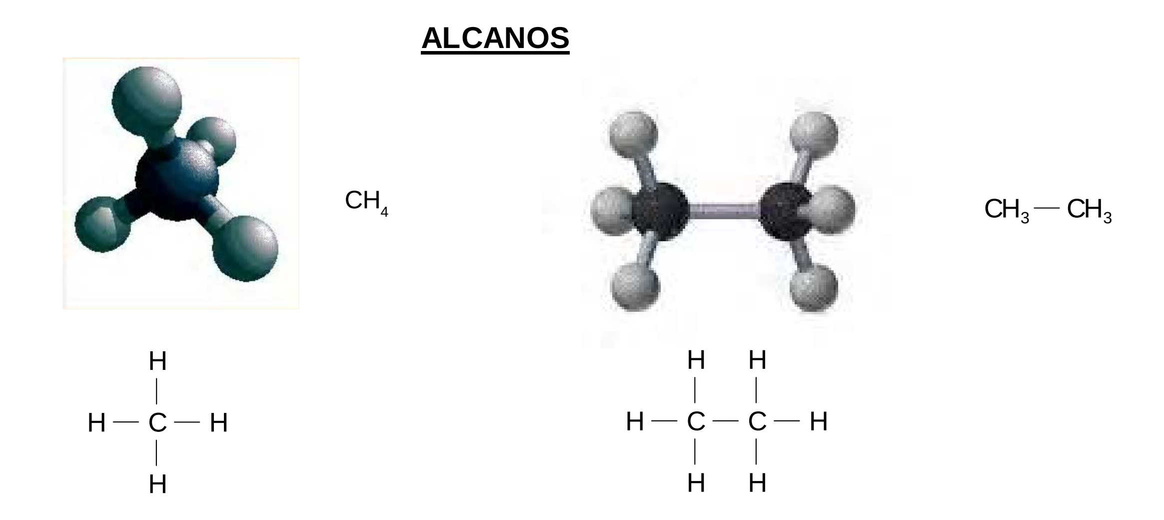


mayor	Ácido carboxílico
↓	Derivados de ácidos
	Aldehido
	Cetona
	Alcoholes
	Insaturaciones (alquenos y alquinos)
menor	Aminas, halógenos, radicales alquílicos

HIDROCARBUROS

Los **hidrocarburos** son compuestos que están formados exclusivamente de carbono e hidrógeno unidos por enlaces covalentes.
Se conocen diversas clases de hidrocarburos, por ejemplo: **los alcanos**, **cicloalcanos**, **alquenos**, **alquinos** y **compuestos aromáticos**.

ALCANOS



Los alcanos, también conocidos como **parafinas** o hidrocarburos saturados, son hidrocarburos lineales o ramificados que poseen sólo enlaces covalentes simples entre sus átomos de carbono.

El término **"saturado"** significa que el esqueleto carbonado está saturado de hidrógeno y que sus enlaces entre los átomos de carbono son sencillos.
El término **«parafina»** significa "poca actividad" y proviene de las raíces griegas **«parum»,** poca y **«affinis»,** afinidad. Esta característica de los alcanos se debe a que no poseen grupo funcional, y por ello, experimentan sólo algunas reacciones.

Para todos los alcanos, su fórmula general es $\mathbf{C_nH_{2n+2}}$ donde **n** corresponde al número de átomos de carbono en la molécula.

Actividad:
Utiliza la fórmula general para determinar la fórmula molecular y estructural para los siguientes alcanos

n	Fórmula molecular	Fórmula estructural
1		
2		
3		



Nomenclatura IUPAC para alcanos normales

Antes de que se estableciera un sistema estándar de nomenclatura, la mayor parte de los compuestos orgánicos eran conocidos por sus nombres comunes, que indicaban por lo general el origen de éstos, mas no tenían relación con su estructura química. Por ejemplo, al **metano** se le denominaba **gas de los pantanos**.

Como se mencionó anteriormente, en 1892 la **IUPAC** se reunió en Ginebra y estableció reglas sistemáticas para dar nombre a los compuestos orgánicos.

Una de estas reglas consiste en utilizar una **raíz** y un **sufijo** para dar nombre al compuesto. La **raíz** del nombre nos indica el número de átomos de carbono de la cadena principal, por ejemplo: **met** (1), **et** (2), **prop** (3), **but** (4), **pent** (5), **Hex** (6), etc. El sufijo nos establece el tipo de compuesto o función química, en el caso de los alcanos es **ano**.

Los nombres de los cuatro primeros alcanos; **met**ano, **et**ano, **prop**ano y **but**ano se utilizaron de manera general, antes de que se lograra una sistematización de la nomenclatura de Química Orgánica; por esta razón, los nombres restantes provienen de los numerales griegos: **penta**, **hexa**, **hepta**, **octa**, **nona** y **deca**.

Tabla 4

n	Nombre	Fórmula
1	metano	CH_4
2	etano	CH_3CH_3
3	propano	$CH_3CH_2CH_3$
4	butano	$CH_3CH_2CH_2CH_3$
5	pentano	$CH_3(CH_2)_3CH_3$
6	hexano	$CH_3(CH_2)_4CH_3$
7	heptano	$CH_3(CH_2)_5CH_3$
8	octano	$CH_3(CH_2)_6CH_3$
9	nonano	$CH_3(CH_2)_7CH_3$
10	decano	$CH_3(CH_2)_8CH_3$
11	undecano	$CH_3(CH_2)_9CH_3$
12	dodecano	$CH_3(CH_2)_{10}CH_3$
13	tridecano	$CH_3(CH_2)_{11}CH_3$
14	tetradecano	$CH_3(CH_2)_{12}CH_3$

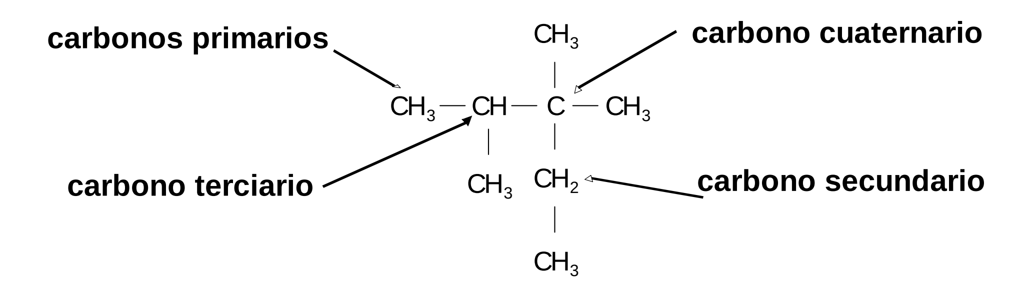


15	pentadecano	$CH_3(CH_2)_{13}CH_3$
20	eicosano	$CH_3(CH_2)_{18}CH_3$
21	heneicosano	$CH_3(CH_2)_{19}CH_3$
22	docosano	$CH_3(CH_2)_{20}CH_3$
30	triacontano	$CH_3(CH_2)_{28}CH_3$
40	tetracontano	$CH_3(CH_2)_{38}CH_3$

Actividad:
Si el alcano que posee 1000 carbonos, se denomina kilano, ¿qué nombre recibe el alcano normal que posee 100 carbonos? ______________________________

Los alcanos de cadena lineal se denominan alcanos normales o simplemente **n-alcanos** para distinguirlos de los alcanos de cadena ramificada.

TIPOS DE ÁTOMOS DE CARBONO



Al observar las características que presenta cada tipo de átomo de carbono encontraremos que:

Un **carbono primario** es aquel que utiliza sus cuatro valencias para unirse a un átomo de carbono y a tres a átomos de hidrógeno.

H
H— C —C —
H



Actividad:
Con base en las características de la siguiente estructura, ¿cómo definirías a un carbono secundario?

```
          H
    |     |     |
 — C — [C] — C —
    |     |     |
          H
```

Un carbono terciario es aquel que utiliza sus cuatro valencias para unirse a tres átomos de carbono y a un átomo de hidrógeno.

```
          |
        — C —
    |     |
 — C — [C] — H
    |     |
        — C —
          |
```

Actividad:
Con base en las características de la siguiente estructura ¿cómo definirías a un carbono cuaternario?

```
          |
        — C —
    |     |     |
 — C — [C] — C —
    |     |     |
        — C —
          |
```

Actividad:
En las siguientes fórmulas estructurales, indica cuántos carbonos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios tiene cada uno de los compuestos.

```
                  CH3
                   |
            CH3   CH2
             |     |
a)  CH3 — CH — CH — CH2 — CH3
```

Primarios	
Secundarios	
Terciarios	
Cuaternarios	

```
              CH3
               |
b)  CH3 — CH — CH2 — CH3
```

Primarios	
Secundarios	
Terciarios	
Cuaternarios	



c)

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-CH_2-CH_3$$

Primarios	
Secundarios	
Terciarios	
Cuaternarios	

d)

$$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3$$

Primarios	
Secundarios	
Terciarios	
Cuaternarios	

Grupos alquílicos

Un grupo es la porción de una molécula en la que un conjunto de átomos se considera como unidad. Los grupos alquilo son los sustituyentes en las cadenas principales y no existen aislados o libres, sino que forman parte de la estructura de un compuesto.

El símbolo **R** se utiliza con frecuencia para representar a un grupo alquilo.

Para nombrar alcanos arborescentes, es necesario conocer los nombres de sus arborescencias.

El grupo alquilo, se forma al eliminarse un átomo de hidrógeno de un alcano y su nombre resulta de sustituir la terminación **ano**, del alcano correspondiente, por el sufijo o terminación **il** o **ilo**.

La palabra alquilo se reserva sólo para el grupo alquilo que se obtiene al eliminar un átomo de hidrógeno de un carbono terminal de un alcano normal. Así tenemos:

CH_4	es metano	$\mathbf{CH_3}$ –	es metilo
CH_3– CH_3	es etano	$\mathbf{CH_3}$–$\mathbf{CH_2}$ –	es etilo

Los grupos alquilos que pueden derivarse de un alcano dependen de los tipos de átomos de carbono presentes en el compuesto.

En el propano existen dos tipos de átomos de carbono, por lo tanto existen dos posibilidades de eliminar el átomo de hidrógeno, uno de la parte terminal y el otro de la parte intermedia. Entonces, tendremos los siguientes grupos alquílicos:

Si se elimina el hidrógeno de un carbono primario, se formará el grupo **n-propil(o)**

CH_3–CH_2–$\mathbf{CH_2}$ – **n–propilo**

En cambio, si se elimina el hidrógeno del carbono secundario, se forma el grupo **isopropil(o)**[2]

[2]Si el hidrógeno fue eliminado de un carbono secundario, este grupo alquilo debiera recibir el nombre de sec-propil, pero de manera excepcional recibe el de isopropil.



$$\begin{array}{c} | \\ CH_3-\mathbf{CH}-CH_3 \end{array} \quad o \quad \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-\mathbf{CH}- \end{array} \quad \textbf{isopropilo}$$

Actividad: Identifica los tipos de átomos de carbono que existen en el n-butano

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$$

____

Esto significa que hay dos posibilidades de eliminar el átomo de hidrógeno. Si se elimina el hidrógeno del carbono primario, tenemos el grupo **n-butil(o)**.

$$\textbf{n-butil (o)} \quad CH_3-CH_2-CH_2-\mathbf{CH_2}-$$

En cambio, si se elimina el hidrógeno del carbono secundario, tenemos el grupo **sec-butil (o)**.

$$\begin{array}{c} | \\ CH_3-\mathbf{CH}-CH_2-CH_3 \end{array} \quad o \quad \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH_2-\mathbf{CH}- \end{array} \quad \textbf{sec-butil (o)}$$

Se utiliza el prefijo <u>**sec-**</u> para indicar que el hidrógeno se ha eliminado de un carbono secundario.

¿Cuántos grupos alquílicos pueden derivarse del isobutano o 2-metil propano?

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH-CH_3 \end{array}$$

Si de un carbono primario del isobutano se elimina un hidrógeno, se obtiene el **isobutil (o)**:

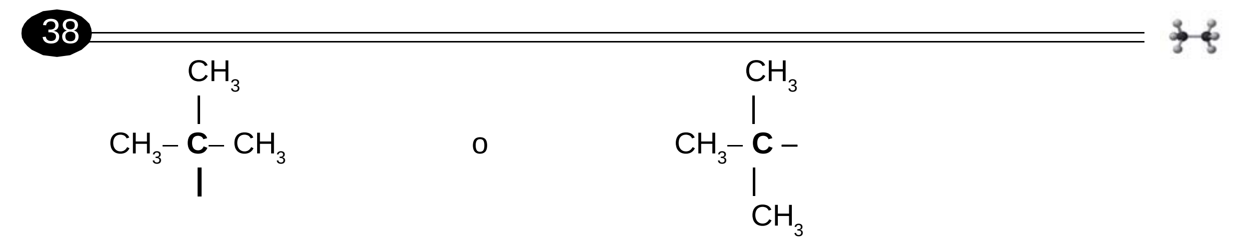
$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH-CH_2- \end{array} \quad \textbf{isobutil (o)}$$

El prefijo <u>**iso**</u> se utiliza para indicar que un grupo $\mathbf{CH_3}-$ se encuentra unido al segundo carbono del extremo opuesto al punto de unión a otra molécula. Además, el prefijo <u>**iso**</u> significa igual; esto quiere decir que los dos grupos sustituyentes unidos al segundo carbono, son iguales. Otros ejemplos serían:

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH-CH_2-CH_2- \end{array} \quad \textbf{isopentil (o)}$$

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH-CH_2-CH_2-CH_2- \end{array} \quad \textbf{isohexil (o)}$$

En cambio, si se elimina el hidrógeno del carbono terciario, se forma el grupo **terbutil o t-butil(o)**.



El prefijo **ter-**, se utiliza para indicar que el hidrógeno se ha eliminado de un carbono terciario. Existen también otros grupos comunes que tienen nombres especiales, por ejemplo:

CH_3
|
CH_3– C– CH_2 –
|
CH_3 **neopentil(o)**

El prefijo **neo** proviene de la palabra griega que significa **«nuevo».** Este grupo se deriva del neopentano.

Tabla 5

Grupos alquilo más sencillos y sus nombres triviales

Grupo alquílico	**Nombre trivial**
CH_3 –	metilo
CH_3 – CH_2 –	etilo
CH_3 – CH_2 – CH_2 –	propilo
CH_3 –CH – | CH_3	isopropilo
CH_3–CH_2–CH_2 –CH_2 –	butilo
CH_3 –CH_2 –CH – | CH_3	sec-butilo
CH_3 | CH_3 –CH –CH_2 –	isobutilo
CH_3 | CH_3 –C – | CH_3	ter-butilo
CH_3– CH– CH_2– CH_2– | CH_3	isopentilo



Nomenclatura IUPAC para alcanos arborescentes

El sistema IUPAC para nomenclatura de alcanos, se basa en el principio fundamental que considera a todos los compuestos, como derivados de la cadena carbonada más larga existente en el compuesto.

Las reglas son las siguientes:

1. Se selecciona la cadena continua de carbonos, más larga. Por ejemplo:

```
                    CH3
                     |
                    CH2
                     |
CH3 — CH2 — C — CH3
                     |
                    CH3
```

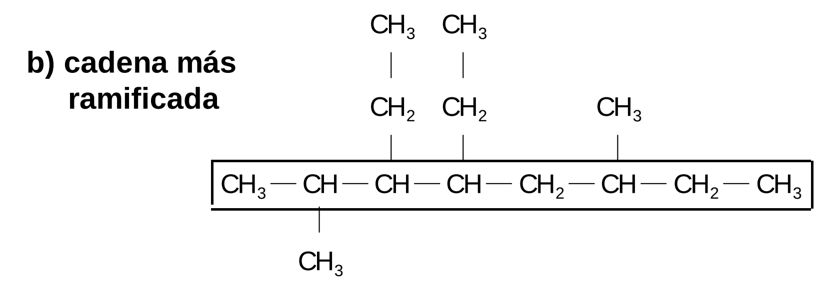
En este compuesto, la cadena continua más larga tiene 5 átomos de carbono.

La cadena carbonada no siempre es lineal, puede estar en forma escalonada.

Cuando existan varias cadenas de igual longitud, se seleccionará aquella que tenga el mayor número de sustituyentes (grupos alquílicos) unidos a ella. Por ejemplo, en los siguientes compuestos, las dos cadenas poseen 8 carbonos, sólo que en (a) existen 3 ramificaciones y en (b) existen 4:

a) cadena menos ramificada

```
               CH3   CH3
                |     |
               CH2   CH2         CH3
                |     |           |
CH3 — CH — CH — CH — CH2 — CH — CH2 — CH3
       |
      CH3
```



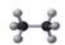
2. Se numera la cadena por el extremo donde se encuentra más próxima una ramificación. Ejemplo:

a) cadena mal numerada

```
              CH3
 1     2    3 |   4
CH3 — CH2 — C — CH3
              |
             CH3
```

b) cadena bien numerada

```
              CH3
 4     3    2 |   1
CH3 — CH2 — C — CH3
              |
             CH3
```



Cuando existan dos sustituyentes en posición equivalente, se numerará la cadena por el extremo donde esté el grupo sustituyente que alfabéticamente inicie primero.

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & CH_3 & & \\ & & & & | & & \\ & & & & CH_2 & & \\ & & \mathbf{3} & & | & & \\ CH_3- & CH_2- & CH- & CH_2- & CH- & CH_2- & CH_3 \\ & & | & & \mathbf{3} & & \\ & & CH_3 & & & & \end{array}$$

Etil, primero que **met**il

$$\begin{array}{cccccccc} & & & CH_3 & & & & \\ & & & | & & & & \\ & & & CH-CH_3 & & & & \\ & & & | & \mathbf{4} & & & \\ CH_3- & CH_2- & CH_2- & CH- & CH- & CH_2- & CH_2- & CH_3 \\ & & & \mathbf{4} & | & & & \\ & & & & CH_2 & & & \\ & & & & | & & & \\ & & & & CH_3 & & & \end{array}$$

Etil, primero que **iso**propil

Cuando existan varios sustituyentes en posiciones equivalentes, la cadena se numerará por el extremo que nos proporcione los números (localizadores) más bajos o el número más pequeño en el primer punto de diferencia. Ejemplo.

$$\begin{array}{cccccccc} & & CH_3 & & & & & \\ & & \mathbf{3}\,| & & & \mathbf{3} & & \\ CH_3- & CH_2- & C- & CH_2- & CH_2- & CH- & CH_2- & CH_3 \\ & & | & & & | & & \\ & & CH_3 & & & CH_2 & & \\ & & & & & | & & \\ & & & & & CH_3 & & \end{array}$$

3,3, 6 es inferior a **3,6,6** en el primer punto de diferencia

$$\begin{array}{cccccccc} & \mathbf{2} & & \mathbf{4} & & & \mathbf{7} & \\ CH_3- & CH- & CH_2- & CH- & CH_2- & CH_2- & CH- & CH_3 \\ & | & & | & & & | & \\ & CH_3 & & CH_3 & & & CH_3 & \end{array}$$

2,4,7 (no 2,5,7**)**

$$\begin{array}{ccccc} & CH_3 & & & \\ & |\,\mathbf{2} & & \mathbf{4} & \\ CH_3- & C- & CH_2- & CH- & CH_3 \\ & | & & | & \\ & CH_3 & & CH_3 & \end{array}$$

2,2,4 (no 2,4,4**)**

3. Se nombran los grupos alquílicos unidos a la cadena principal. Existen dos formas válidas para ordenar los sustituyentes: **en orden alfabético** y **por orden de complejidad**.

En la actualidad, el orden alfabético tiende a ser el más utilizado en la mayoría de los casos. En este libro utilizaremos el orden alfabético para lo cual es necesario establecer las siguientes normas:

a) Cuando existan dos o más sustituyentes iguales, se emplearán los prefijos **di, tri, tetra**, **penta, etc.,** según corresponda. Al establecer el orden alfabético, la primera letra de estos prefijos, no se utilizará para ordenar, **sólo se considerará la primera letra del nombre del grupo alquílico**.

b) De la misma manera, los prefijos **ter-** y **sec-,** no se utilizarán para ordenar.

c) En cambio, la primera letra de los prefijos **iso**, **neo** y **ciclo**, sí se utilizarán para ordenar alfabéticamente, pues se consideran parte del nombre.

d) Cuando se desea indicar la posición de los grupos alquílicos en la cadena, es preciso tener en cuenta que los **números se separan con comas entre sí,** y **con un guion para separarlos del nombre**.



e) En sustituyentes complejos (ramificados), la IUPAC acepta la utilización de nombres comunes donde sea posible, por ejemplo: sec–butil, ter–butil, neopentil. Pero en aquellos grupos más **ramificados, se elige la cadena carbonada mas larga, ésta se numera dando el localizador 1 al carbono unido directamente a la cadena principal**.

En el ejemplo que se muestra, el nombre del sustituyente es:

```
                                         CH3
 1     2     3     4     5               |  1     2     3
CH3 — CH2 — CH2 — CH2 — CH — [CH — CH — CH3]
                         |              |
                      6 CH2            CH3
                         |
                      7 CH2
                         |
                      8 CH2
                         |
                      9 CH3
```

5 (1,2- dimetilpropil) nonano

Observa cómo el nombre del radical sustituido se encierra entre paréntesis, quedando fuera de éste, el localizador que indica su posición en la cadena principal.

4. Finalmente se da nombre a la cadena carbonada más larga, como si fuera un alcano de cadena normal, de acuerdo con el número de átomos de carbono que posea colocándolo enseguida del nombre del último sustituyente sin separarlo.

```
                  CH3           CH3
                   |             |
       CH3        CH2           CH2
        |          |             |
CH3 — CH — CH — CH — CH2 — CH — CH3
             |
            CH2
             |
            CH3
```

3, 4 - dietil - 2, 6 - dimetiloctano

```
                CH3
                 |
CH3 — CH2 — C — CH2 — CH3
                 |
                CH3
```

3,3-dimetilpentano

```
                                CH3
                                 |
CH3 — CH2 — CH — CH2 — CH — CH2 — CH3
             |
            CH2
             |
            CH3
```

3-etil-5-metil heptano

```
                         CH3    CH3
                          |      |
                  CH3 — CH      CH2
                          |      |
CH3 — CH2 — CH2 — CH — CH — CH2 — CH2 — CH3
```

4-etil-5-isopropil octano



$$\begin{array}{cccccccccccccccc} & & & & CH_3 & & & & & & & & & & \\ & & & & | & & & & & & & & & & \\ CH_3 & — & CH_2 & — & C & — & CH_2 & — & CH_2 & — & CH & — & CH_2 & — & CH_3 \\ & & & & | & & & & & & | & & & & \\ & & & & CH_3 & & & & & & CH_2 & & & & \\ & & & & & & & & & & | & & & & \\ & & & & & & & & & & CH_3 & & & & \end{array}$$

6 - eti l - 3, 3 - dimetiloctano

$$\begin{array}{ccccccccc} & & CH_3 & & & & CH_3 & & \\ & & | & & & & | & & \\ CH_3 & — & C & — & CH_2 & — & CH & — & CH_3 \\ & & | & & & & & & \\ & & CH_3 & & & & & & \end{array}$$

2, 2, 4 - trimetil pentano

Autoevaluación de alcanos

1. Explica por qué cada uno de los siguientes nombres son incorrectos. Para encontrar los errores presentes en estos ejemplos, dibuja sus estructuras y escribe sus nombres correctos.

a) 3 - isopropil - 5, 5 - dimetil octano

b) 2, 2 - dimetil - 3 -etil pentano

c) metilheptano

d) 3, 5, 6, 7-tetrametil nonano

e) 2 - dimetilpropano

f) 2, 2, 3 - metilbutano

g) 2, 2 - dietil - 4, 4 - dimetilpentano



h) 2, 4 - dietil hexano

i) 3, etil - 4, metil - 5, propilhexano

j) 2 - 5 - 6 - 7 - trimetil - 5 - 3 - dietil - 4 - ter-butiloctano

2. Indica cuántos carbonos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios; existen en cada una de estas estructuras:

$CH_3 — CH_2 — CH_3$

Primarios	
Secundarios	
Terciarios	
Cuaternarios	

$CH_3 — CH_2 — CH(CH_3) — CH_3$

Primarios	
Secundarios	
Terciarios	
Cuaternarios	

$CH_3 — C(CH_3)_2 — CH_2 — CH(CH_3) — CH_2 — CH_3$

Primarios	
Secundarios	
Terciarios	
Cuaternarios	

$CH_3 — CH_2 — C(CH_3)_2 — CH_3$

Primarios	
Secundarios	
Terciarios	
Cuaternarios	



3. Da nombre a los siguientes alcanos arborescentes utilizando la nomenclatura IUPAC.

a)

```
             CH3
             |
             CH2    CH3    CH3
             |      |      |
a)   CH3 — CH — CH — CH — CH3
```

____

b)

```
                          CH3
                          |
                          CH — CH3     CH3    CH3
                          |            |      |
b)   CH3 — CH2 — C — CH2 — CH — CH — CH3
                          |
                          CH3
```

____

c)

```
             CH3                          CH3
             |                            |
c)   CH3 — CH — CH2 — CH2 — CH2 — C — CH3
                                          |
                                          CH3
```

____

d)

```
                            CH3
                            |
d)   CH3 — CH2 — CH — CH3
```

____

e)

```
                       CH3
                       |
                       CH2           CH3
                       |             |
e)   CH3 — CH2 — C — CH2 — CH — CH — CH — CH3
                       |                    |      |
                       CH2                  CH3    CH2
                       |                           |
                       CH — CH3                    CH3
                       |
                       CH3
```

____

f)

```
                                       CH3
                                       |
f)   CH3 — CH — CH2 — CH — CH3
             |
             CH — CH3
             |
             CH3
```

____

g)

```
g)   CH3 — CH — CH2 — CH — CH2 — CH3
             |              |
             CH2            CH2
             |              |
             CH3            CH3
```

____

h)

```
                                            CH3
                                            |
                                            CH2                 CH3
                                            |                   |
h)   CH3 — CH2 — CH2 — CH2 — CH — CH2 — CH — CH — CH3
                                                       |
                                                 CH3 — CH
                                                       |
                                                 CH3 — C — CH2 — CH3
                                                       |
                                                       CH3
```

____




```
                CH3
                 |
         CH3    CH2         CH3   CH3
          |      |           |     |
i)  CH3 — CH  —  C  —  CH —  C  —  C  — CH3
                 |      |    |     |
                CH3    CH3  CH2   CH3
                             |
                            CH3
```

____

```
                           CH3
                            |
                    CH3 —  C  — CH3      CH3
                            |             |
                           CH2           CH2
                            |             |
j)  CH3 — CH  —  C  —  CH2 — CH — CH3
              |         |
             CH3       CH2
                        |
                       CH3
```

____

4. ¿Qué prefijos utilizarías para indicar grupos alquílicos semejantes?

Tres etilos	Cinco metilos	Dos butilos
________	________	________
Dos isopropilos	Cuatro propilos	Tres sec-butilos
________	________	________

5. ¿Cuál es la razón del por qué a los siguientes radicales alquilos se les denomine sec- y ter- butilo respectivamente ?

```
     H      H                               H
     |     /                           H     /
H —  C  —  C—                           \  C
     |      \   H                  H      /  \
     H       C /                   |     /    H
          H /  \    H         H —  C  —  C—
                C /                |      \   H
             H /  \                H       C /
                   H                    H /  \
                                              H
```

____

____

6. Escribe las estructuras de los siguientes alcanos arborescentes:

a) 2 - metilpropano

b) 2, 2, 3 - trimetilbutano

c) 3 - etil - 2, 5 - dimetilhexano

d) 5 - ter-butil - 5 - etil - 3 - isopropil - 2, 6 - dimetiloctano

e) 4 - sec-butil - 2, 2, 4, 5, 6 - pentametilheptano

f) 6 - ter-butil - 3, 5, 5 - trietil - 2, 4 - dimetilnonano

g) 7 - butil - 6 - isobutil - 5 - isopropil - 3, 8 - dimetil - 7 - neopentil - 6 - propilundecano

h) 5 - ter-butil - 3 - etil -3, 5, 6 - trimetiloctano

i) 8 - sec-butil - 5 - ter-butil - 4, 10 - dietil - 7, 8 - dimetiltridecano



Aplicaciones de los alcanos



Fig. 2.1 Algunas de las aplicaciones de los alcanos en la vida cotidiana

El alto calor de combustión de los hidrocarburos, determina su utilización como combustible en la vida cotidiana y en la producción. El que más ampliamente se emplea con ésta finalidad es **el metano,** el cual es un componente del gas natural. El metano es un hidrocarburo bastante accesible, el cual se utiliza cada vez más como materia prima química.

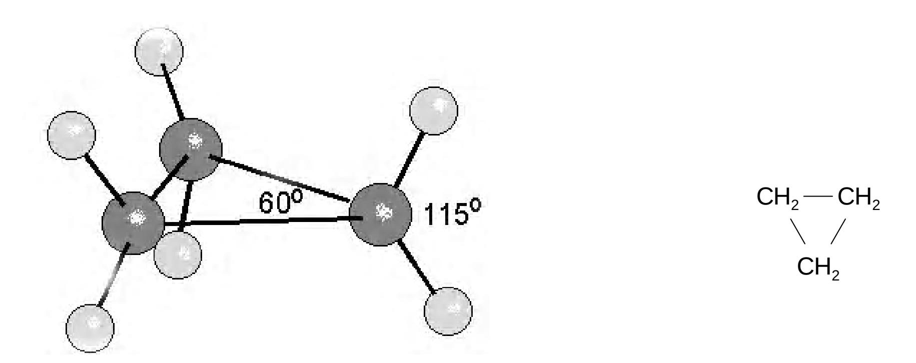
Las reacciones de su combustión y descomposición encuentran aplicación en la producción del **negro de humo** destinado para la obtención de la tinta de imprenta y de artículos de goma a partir de caucho. El metano también es una fuente principal de producción de hidrógeno en la industria para la síntesis de amoníaco y de una serie de compuestos orgánicos. Su reacción de halogenación permite obtener derivados halogenados del metano; los cuales encuentran aplicación práctica como disolventes, como el diclorometano y el tetracloruro de carbono.

La mezcla de **propano** y **butano** conocida como gas doméstico, se emplea en forma de «gas licuado», especialmente en las localidades donde no existen conductos de gas natural.

Los hidrocarburos líquidos se emplean como combustibles en los motores de combustión interna de automóviles, aviones, etc. La gasolina es una mezcla de **octano** a **decano** y la parafina de una vela, es esencialmente triacontano.

Se ha encontrado recientemente que un gran número de alcanos funcionan como feromonas, sustancias químicas que usan los insectos para comunicarse. Por ejemplo, el 2-metilheptadecano y el 17, 21-dimetilheptatriacontano, son atrayentes sexuales de algunas especies de polilla y de la mosca tse-tsé, respectivamente.

CICLOALCANOS



En los compuestos estudiados anteriormente, los átomos de carbono están unidos entre sí formando cadenas abiertas; estos compuestos se denominan acíclicos. Sin embargo, existen otros que forman anillos y a éstos se les denominan **cíclicos** o de **cadena cerrada**.

Los cicloalcanos son hidrocarburos saturados que reciben también el nombre de **alicíclicos**, palabra que se deriva de la conjunción de las palabras alifático y cíclico.

Su fórmula general es $\mathbf{C_nH_{2n}}$

Actividad:
Utiliza la fórmula general para determinar la fórmula molecular de los siguientes cicloalcanos

n	Fórmula molecular	Fórmula estructural
3		
4		
5		

Nomenclatura

Los hidrocarburos cíclicos alifáticos se nombran de manera semejante a los alcanos de cadena normal, es decir, en función del número de átomos de carbono que poseen en el anillo, anteponiendo para ello el prefijo **ciclo** al nombre del hidrocarburo.

Ejemplo:

$CH_2 - CH_2$ / CH_2 (anillo de 3)

Ciclopropano

$CH_2 - CH_2$ / $CH_2 - CH_2$

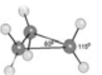
Ciclobutano

CH_2 / CH_2 CH_2 / $CH_2 - CH_2$

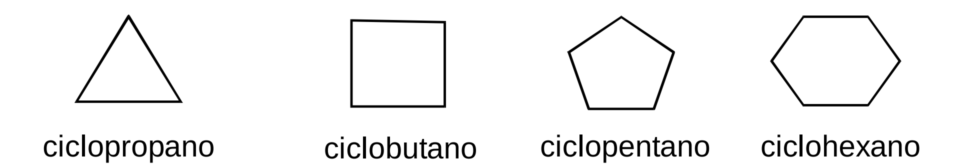
Ciclopentano

$CH_2 - CH_2$ / CH_2 CH_2 / $CH_2 - CH_2$

Ciclohexano

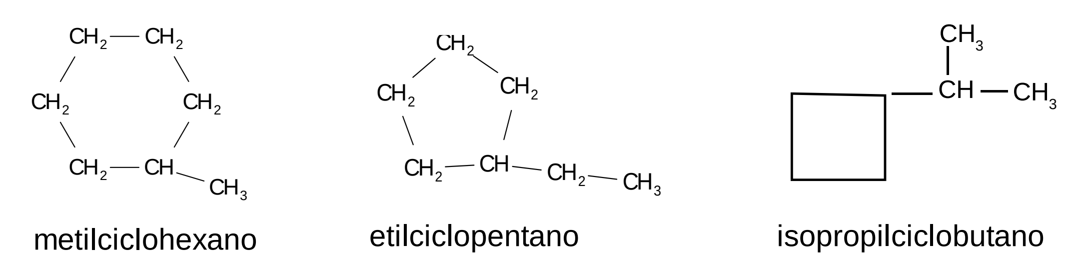


Por conveniencia, los anillos alifáticos a menudo se representan por medio de figuras geométricas: **un triángulo** para el **ciclopropano**, **un cuadrado** para el **ciclobutano**, **un pentágono** para el **ciclopentano**, **un hexágono** para el **ciclohexano**, y así sucesivamente. Se sobreentiende que en cada vértice de la figura hay un metileno ($-CH_2-$), a menos que figure otro grupo. Por ejemplo:



ciclopropano ciclobutano ciclopentano ciclohexano

Cuando hay un solo sustituyente en el cicloalcano, resulta innecesario el uso de un número para designar su posición, pues la molécula es simétrica.



metilciclohexano etilciclopentano isopropilciclobutano

Cuando hay más de un sustituyente unido al ciclo, se utilizan números, cuya serie sea la más baja posible.



1, 1, 2 - trimetilciclopentano
(No:1, 2, 2- trimetilciclopentano)

1, 3 - dimetilciclohexano
(No:1 ,5 - dimetilciclohexano)

Cuando hay dos o más sustituyentes diferentes, éstos se numeran tomando en cuenta el orden alfabético.

1-etil-3-metil ciclohexano

1-isopropil-3-metil ciclopentano

En compuestos más complejos, el cicloalcano puede aparecer como grupo cicloalquilo, por ejemplo:

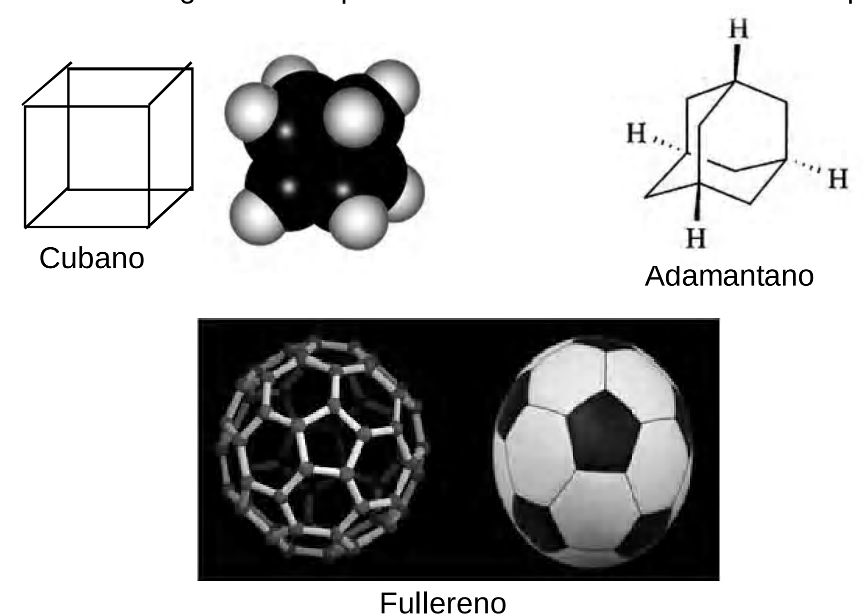
$CH_3-CH_2-CH-CH_2-CH_3$ (con ciclopropilo en el C central)

3-ciclopropil pentano

$CH_3-CH_2-C(CH_3)_2-CH$ (ciclobutilo: $CH-CH_2-CH_2-CH_2$)

2-ciclobutil-2-metilbutano

Se han sintetizado compuestos policíclicos con diversas formas extrañas y maravillosas, y sus propiedades han revelado facetas inesperadas de la química orgánica. El desafío de gran parte de esta investigación siempre ha sido el de obtener nuevos compuestos.



Cubano

Adamantano

Fullereno

APLICACIONES DE LOS CICLOALCANOS

El ciclopropano se usa como anestésico en cirugía, cuando se quiere obtener una inducción y una recuperación rápida de la anestesia.

La alta reactividad del ciclopropano requiere de gran cuidado en su uso como anestésico, en la sala de operaciones, ya que es flamable y explosivo.

El ciclopropano, junto con otros cicloalcanos es usado como intermediario en algunas síntesis químicas.

El ciclopentano y el ciclohexano son compuestos que se encuentran presentes en muchos productos naturales como las prostaglandinas, esteroides (como el colesterol y las hormonas sexuales) y algunas vitaminas.

CH_3 CH_3 CH_3 $C=O$ O

Progesterona
Suprime la ovulación

CH_3 CH_3 CH_3 $CH-CH_2-CH_2$ CH_2 CH CH_3 CH_3 HO

Colesterol
(5-colesten-3β-ol) produce ateroesclerosis



CH_3 OH CH_3 O

Testosterona
(La principal hormona masculina)

CH_3 O CH_3 O

Androsterona
(Forma metabolizada de testosterona)

El metilciclohexano se usa como disolvente en los líquidos correctores de escritura (líquid paper).

Ejercicios de autoevaluación:

1. Da nombre a los siguientes compuestos:

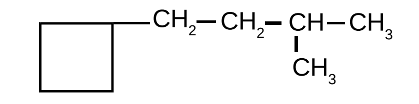
a) CH_2-CH_2 / $CH_3-CH-CH_2$

____

b) CH_3 / CH_2-CH_3

____

c)



____

a) CH_3 CH_2 C CH_3 CH_2

____

b) CH_2-CH_2 CH_3 CH_2 C CH_2 CH_2-CH_2 CH_3

____

c) CH_2-CH_2 CH_2 CH_2 CH CH_2 CH_3

____

2. Escribe la fórmula estructural de los siguientes compuestos.

a) 3-ciclopentil-3-etilhexano

b) Isopropilciclohexano

c) Ciclohexilciclohexano

d) 1,1,3 - trimetilciclobutano

e) 1,1,2,2-tetrametilciclopropano

f) 1,2-dimetilciclopentano

g) 1,4-dietilciclohexano

h) propilciclopropano

i) 1-metil-2-propilciclopropano

j) 1-etil-3-isopropil-4,4-dipropilciclopentano

3. Investiga y dibuja las estructuras de los siguientes cicloalcanos:

a) Cicloheptano

b) Ciclooctano

c) Ciclodecano

d) Ciclononano

4. Si los alcanos forman radicales alquilos al perder un hidrógeno ¿podrán los cicloalcanos formar radicales alquilos? y si existen ¿cuáles serán los nombres de los siguientes radicales?

```
[ CH2— CH2 ]-
[   \  /   ]
[    CH    ]
```

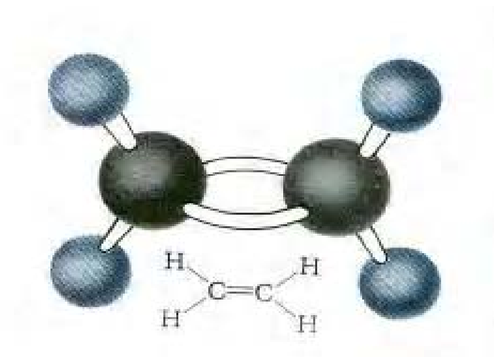
```
[ CH2 — CH2 ]-
[  |     |  ]
[ CH  — CH2 ]
```

```
[   CH2 — CH2   ]-
[  /         \  ]
[ CH2        CH2 ]
[   \       /   ]
[      CH       ]
```

____________________ ____________________ ____________________



ALQUENOS



Los alquenos son hidrocarburos acíclicos insaturados que se caracterizan por la presencia de **un doble enlace** en su molécula y tienen una fórmula general C_nH_{2n}, en donde **n** es el número de átomos de carbono presentes.

El alqueno más simple es el **eteno**, que tiene una fòrmula molecuar: C_2H_4

Actividad: Utiliza la fórmula general para determinar la fórmula molecular y estructural para los siguientes alquenos.

n	Fórmula molecular	Fórmula estructural
3		
4		
5		

Históricamente, los hidrocarburos con un doble enlace se conocían con el nombre de **olefinas**, palabra que proviene del latín "**oleum**" aceite y "**ficare**" producir, surgió porque los derivados de tales compuestos presentan una apariencia aceitosa (**oleosa**).

Nomenclatura de alquenos

Al igual que con otras clases de compuestos orgánicos, se utilizan dos sistemas de nomenclatura: la **común** y la **sistemática** (IUPAC).

En el *sistema común*, que se utiliza para compuestos sencillos, la terminación **ano** del nombre del alc**ano** es sustituida por el sufijo **ileno.**

$CH_2{=}CH_2$

etileno

$CH_3-CH{=}CH_2$

propileno

$CH_3-C(CH_3){=}CH_2$

isobutileno



Según el *sistema IUPAC*, los alquenos se nombran como derivados de un alcano matriz. La raíz alquílica indica el número de carbonos en la cadena y el sufijo **eno** la presencia del doble enlace.

$CH_2=CH_2$	$CH_3-CH=CH_2$	$CH_3-CH_2-CH=CH_2$	$CH_3-CH=CH-CH_3$
eteno	**propeno**	**1-buteno**	**2-buteno**

Reglas:

1. **Se selecciona la cadena más larga de átomos de carbono que contenga el doble enlace**. Por ejemplo, si la cadena continua de átomos de carbono que contiene el doble enlace tiene 5 carbonos, la estructura principal se llama penteno; veamos el siguiente compuesto:

$$CH_3-CH(CH_3)-CH=C(CH_3)-CH_3$$

2 **Se numeran los carbonos por el extremo donde el doble enlace quede más cerca, es decir, que posea el número más pequeño.** En nomenclatura de alcanos aprendimos que en la numeración de la cadena, tienen preferencia las ramificaciones, pero en los alquenos, la insaturación es la que tiene mayor prioridad.

$$\overset{5}{C}H_3-\overset{4}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}(CH_3)-\overset{1}{C}H_3$$

3. **Se nombran los grupos alquílicos unidos a la cadena principal y se colocan en orden alfabético, indicando por medio de un número su posición en la cadena y finalmente se da nombre a la cadena principal, indicando la posición del doble enlace.** Para el compuesto anterior, el nombre IUPAC es:

$$\overset{5}{C}H_3-\overset{4}{C}H(CH_3)-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}(CH_3)-\overset{1}{C}H_3$$

2,4-dimetil-2-penteno

Aplicaciones de los alquenos



El **etileno** es una sustancia muy importante que se utiliza en grandes cantidades en la manufactura de polímeros orgánicos.

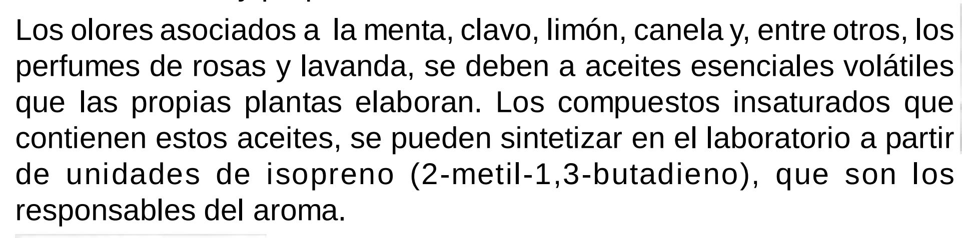
De la polimerización del etileno y propileno se obtienen el **polietileno** y **polipropileno** respectivamente, utilizados ampliamente en la vida diaria, en la fabricación de artículos como botellas desechables, retornables, garrafones, bolsas, sillas, mesas, juguetes, entre otros.



Actualmente los objetos de plástico traen un triángulo con un número en el centro, que hace referencia a su composición química, lo cual permite clasificarlos para su reciclado. El Tereftalato de polietileno lleva el 1, el polietileno de alta densidad el 2, y el polietileno de baja densidad el 4 y el propileno lleva el 5. El 3 se utiliza para el PVC y el 6 para el poliestireno.



El etileno tiene la propiedad de acelerar la maduración de las frutas (plátanos, limones, piñas, etc.). Con el fin de conservar mejor las frutas, éstas pueden transportarse no maduras y llevarse a la maduración en el lugar de consumo, introduciendo en el aire de los almacenes cerrados una cantidad muy pequeña de etileno.



Los olores asociados a la menta, clavo, limón, canela y, entre otros, los perfumes de rosas y lavanda, se deben a aceites esenciales volátiles que las propias plantas elaboran. Los compuestos insaturados que contienen estos aceites, se pueden sintetizar en el laboratorio a partir de unidades de isopreno (2-metil-1,3-butadieno), que son los responsables del aroma.



CH_3 — C(=CH_2) — CH = CH_2

Isopreno

2-metil-1,3-butadieno

Los hexenos y nonenos que tienen seis y nueve átomos de carbono, respectivamente están en el rango de la fracción que corresponde a las gasolinas. Por lo tanto, se suelen usar en las mezclas de este combustible.

Sin embargo, si se separan y purifican, se pueden utilizar para fabricar otros productos, sobre todo, el **noneno** que se combina con el **fenol** para hacer **nonilfenol** que es la base de algunos shampoos para el cabello.



Los **insectos** expelen cantidades muy pequeñas de **sustancias insaturadas** denominadas **feromonas**, las cuales utilizan para comunicarse con otros miembros de su especie. Algunas feromonas indican peligro o son una llamada para defenderse, otras constituyen un rastro o son atrayentes sexuales. La bioactividad de muchas de estas sustancias depende de la configuración *cis o trans* del doble enlace en la molécula.

Actualmente estas sustancias se están utilizando como atrayentes sexuales para atrapar y eliminar insectos, como es el caso de la abeja africana, la termita, el gorgojo, la polilla, etcétera.

$CH_3(H)C{=}CH{-}CH{=}CH{-}CH_2(CH_2)_5CH_2OH$

Atrayente sexual de la mosca doméstica hembra

$CH_3(CH_2)_7(H)C{=}C(H)(CH_2)_{12}CH_3$

Atrayente sexual de las polillas doméstica hembra

$CH_3{-}CH_2{-}CH_2(H)C{=}C(H){-}CH{=}O$

Señal de peligro para las hormigas

$CH_3(CH_2)_{12}(H)C{=}C(H)NO_2$

Señal de defensa para las termitas

Ejercicios de autoevaluación de alquenos

1. Escribe el nombre IUPAC de los siguientes alquenos.

a) $CH_2{=}CH_2$ ______________________________

b) $CH_3{-}CH{=}CH_2$ ______________________________

c) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3$ ______________________________

d) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$ ______________________________

e)

```
CH3
   \
    C ═ CH
   /      \     CH3
CH3        CH /
              \
               CH3
```

____

f)

```
            CH3   CH3
             |     |
     CH3 —  C  —  C  — CH
             |     |      \\
            CH3   CH3      CH — CH3
```

____

g)

```
                       CH3
                        |
 CH3                   CH2
    \                   |
     C — CH2 — CH — CH3
    //
 CH2
```

____

h)

```
          CH3
           |
 CH3 — CH — CH
              \\
               CH — CH2 — CH3
```

____

2. Dibuja la fórmula estructural a partir de los nombres de los siguientes alquenos normales:

a) **3-hexeno** b) **1-noneno** c) **propeno**

d) **1-penteno** e) **5-dodeceno** f) **4-deceno**

3. Escribe el nombre IUPAC de los siguientes alquenos:

```
 CH3
    \
     CH2
        \
         C — CH2 — CH — CH2 — CH3
        //          |
     CH2           CH3
```

```
                         CH3
                          |
                 CH3 — C — CH3         CH2
                          |           //
 CH3 — CH2 — CH — CH2 — C
                                        \
                                         CH3
```

a) ______________________________ b) ______________________________



c) ______________________

d) ______________________

e) ______________________

f) ______________________

4. Explica por qué es incorrecto cada uno de los siguientes nombres. Escríbelos correctamente.

a) 2-etil-propeno ______________________

b) 3,3-dimetil-1-propeno ______________________

c) 3, 3-dimetil-4-penteno ______________________

5. Escribe la estructura de cada uno de los siguientes alquenos a partir de los nombres indicados:

a) 2, 3-dimetil-1-buteno

b) 5-etil-2, 4, 5-trimetil-3-hepteno



c) 4-etil-3-isopropil-2-metil-3-hexeno

d) 3-etil-4-isopropil-6, 6-dimetil-3-hepteno

e) 4-butil-5-isopropil-3, 6-dimetil-3-octeno

f) 4-sec-butil-3-ter-butil-5-isobutil-7-metil-2-octeno

g) 5-etil-2, 2, 3, 4, 5, 6, 6-heptametil-3-hepteno

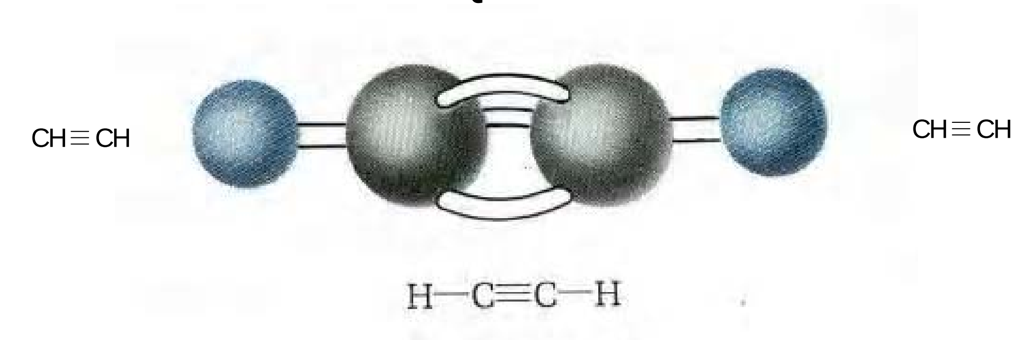
h) 4-sec-butil-6-ter-butil-3-isopropil-2, 7-dimetil-4-noneno

i) 7-ter-butil-4-etil-9-isopropil-2,4,10-trimetil-6-neopentil-5-propil-2-undeceno



ALQUINOS

CH≡CH



CH≡CH

Los **alquinos son hidrocarburos alifáticos insaturados**, que tienen la fórmula general $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$ y se caracterizan por la presencia de un **triple enlace** en la molécula.

El alquino más sencillo es el **acetileno** ($\mathbf{C_2H_2}$), el cual sigue la fórmula general con **n** igual a **2**.

Actividad:
Utiliza la fórmula general para determinar la fórmula molecular y estructural para los siguientes alquinos.

n	Fórmula molecular	Fórmula estructural
3		
4		
5		

Nomenclatura de alquinos

En el **sistema común** de nomenclatura, se nombra a los alquinos sencillos como derivados del **acetileno**. Aquí sólo veremos los nombres comunes para algunos compuestos sencillos.

CH≡CH	**CH≡C—CH$_3$**	**CH$_3$—C≡C—CH$_3$**
acetileno	**metil acetileno**	**dimetilacetileno**

En el **sistema IUPAC** estos compuestos se nombran como derivados de un alcano matriz. La **raíz** indica el número de carbonos en la cadena y el sufijo **–ino**, la presencia del triple enlace en la cadena.

Las reglas son las mismas que se utilizaron en la nomenclatura de alquenos, con la diferencia que éstos llevan la terminación **-ino**.

Reglas:

1. Se busca la cadena más larga.



2. Se numera la cadena por el extremo más cercano al triple enlace.

3. Se nombran los grupos alquílicos unidos a la cadena ordenándolos alfabéticamente.

4. Se nombra la cadena principal, indicando la posición del triple enlace.

Ejemplos:

$$CH \equiv C - CH_3$$

propino

$$CH_3 - C \equiv C - CH_3$$

2-butino

$$CH_3 - \underset{}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}} - C \equiv C - CH_3$$

4-metil-2-pentino

$$CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}} - C \equiv C - CH_3$$

4,4-dimetil-2-pentino

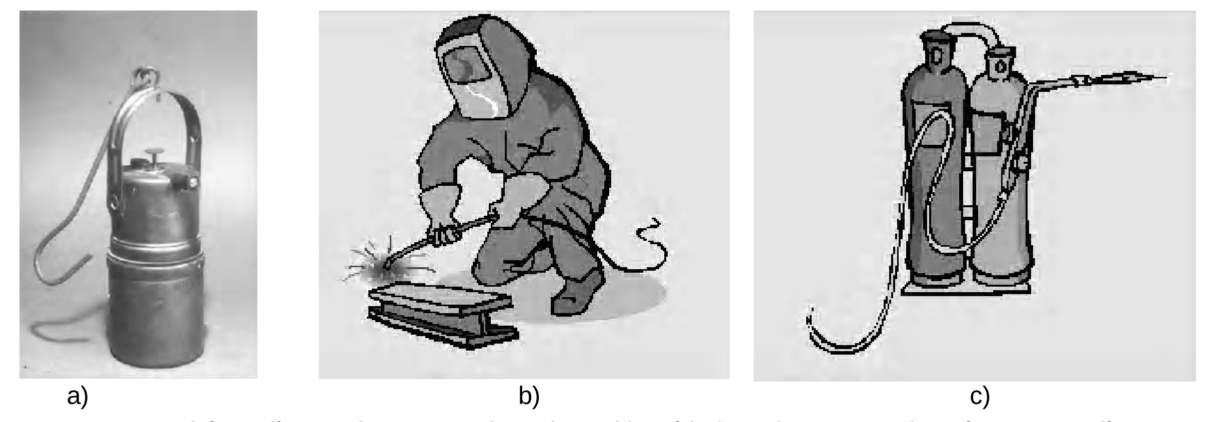
$$CH_3 - \overset{\overset{CH_3}{|}}{CH} - C \equiv C - \overset{\overset{CH_3}{|}}{CH} - CH_2 - CH_3$$

2, 5-dimetil-3-heptino

Aplicaciones de alquinos

Entre los hidrocarburos con triple enlace en la molécula, el que más se aplica en la vida diaria es el acetileno, este fue muy utilizado en lámparas para mineros y cazadores.

El **acetileno** tiene muchos usos importantes en la industria. Debido a su alto calor de combustión éste se quema en los **"sopletes de oxiacetileno"**, que producen una flama extremadamente caliente (aprox. 3000 °C). Por ello, los sopletes de oxiacetileno se usan para soldar y cortar metales.



a) b) c)

Fig. 2.2 Los usos del acetileno. a) Lampara de carburo. b) Soldador. c) Tanques de oxígeno y acetileno.

En la actualidad el acetileno se emplea cada vez más para la síntesis de diferentes compuestos orgánicos.

En grandes cantidades, el acetileno se usa para la producción del **cloroeteno o cloruro de vinilo**, de cuya polimerización se obtiene el cloruro de polivinilo (**PVC**).

$$_{n}CH_2=CH(Cl) \longrightarrow (-CH_2-CH(Cl)-)_n$$

El cloruro de polivinilo se emplea ampliamente para el aislamiento de conductores eléctricos, la confección de impermeables, hule, cuero artificial, tubos para drenaje pluvial, entre otros.





Fig.2.3 Artículos elaborados a partir de PVC.

Partiendo del acetileno, se obtienen también otros polímeros que se utilizan para la producción de materias plásticas, caucho y fibras sintéticas. El acetileno se utiliza también para la producción del **ácido acético** sintético.

Ejercicio de autoevaluación

1. Escribe el nombre IUPAC para cada uno de los siguientes compuestos.

$$CH\equiv C-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$$

____

$$CH_3-C\equiv C-CH(CH_3)-CH_3$$

____

$$CH_3-CH_2-C(CH_3)(CH_2CH_3)-C\equiv C-CH_3$$

____

$$CH\equiv C-CH(CH_3)-C(CH_3)_2-CH(CH_3)-CH_3$$

____

$$CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-C\equiv C-CH_2-CH_3$$

____

$$CH_3-CH_2-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}-C\equiv C-CH_3$$

$$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}}-C\equiv C-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}}-CH_3$$

______________________________ ______________________________

2. Escribe la fórmula estructural de los siguientes compuestos:

a) 2-pentino

b) 2, 2, 5-trimetil-3-heptino

c) 3-metil-1-butino

d) 4,4-dimetil-2-hexino

e) 4,4-dimetil-2-pentino

f) 3,4-dimetil-1-pentino

g) 3-hexino

h) 2,5,6-trimetil-3-heptino

3. Escribe el nombre IUPAC a cada uno de los siguientes alquinos.

$$CH_3-C\equiv C-\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}-CH_3$$

$$CH\equiv C-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{\underset{\underset{\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{\displaystyle CH_2}}{|}}{C}}-CH_2-\underset{\underset{\underset{\underset{\displaystyle CH_3}{|}}{\displaystyle CH_2}}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$$

______________________________ ______________________________




```
                CH3
                 |
                CH — CH3
                 |
                CH2
                 |
CH3 — CH2 — CH — CH2 — CH — C ≡ C — CH3
                        |
                       CH3
```

____

```
                     CH3
                      |
                     CH — CH3
                      |
CH3 — CH — CH — CH — C ≡ CH
       |    |
      CH2  CH3
       |
      CH3
```

____

```
                CH3           CH3
                 |             |
                CH2           CH — CH3
                 |             |
CH3 — CH2 — CH — CH — CH2 — CH — C ≡ C — CH2 — CH3
                     |
              CH3 — C — CH3
                     |
                    CH3
```

____

```
                     CH3
                      |
                     CH2         CH3    CH3
                      |           |      |
                     CH2         CH2    CH — CH3
                      |           |      |
CH3 — CH2 — CH2 — C — CH2 — CH — CH — C ≡ CH
                      |
                     CH3
```

____

4. Dibuja la estructura para cada uno de los siguientes alquinos

a) 3-etil-3,4-dimetil-1-hexino

b) 3-ter-butil-5-etil-1-heptino

c) 3-etil-3-metil-6-propil-4-nonino

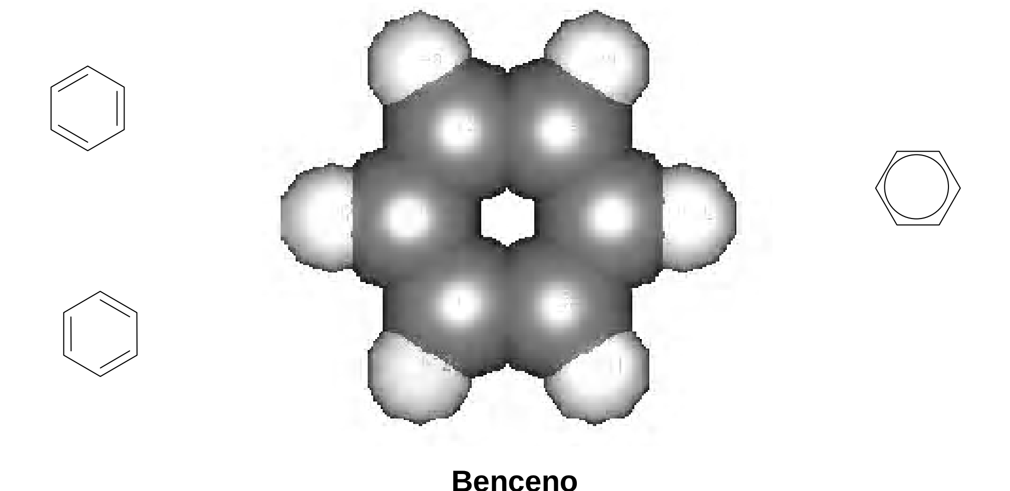
d) 4-etil-4-isopropil-2-heptino

e) 7-isopropil-2,2,4-trimetil-4,7-dipropil-5 decino

f) 3-isobutil-5-metil-3-propil-1-hexino



HIDROCARBUROS AROMÁTICOS



Benceno

Al benceno y a las demás sustancias que tienen estructuras y propiedades químicas semejantes a él, son clasificados como compuestos aromáticos.

La palabra aromático originalmente se refería al olor agradable que poseen muchas de estas sustancias.

Debido a que el benceno es el hidrocarburo aromático más sencillo, lo veremos en detalle.

Historia del Benceno

El hidrocarburo que se conoce actualmente como **benceno**, fue aislado por primera vez por **Michael Faraday** en 1825, a partir de un condensado oleoso del gas de alumbrado.

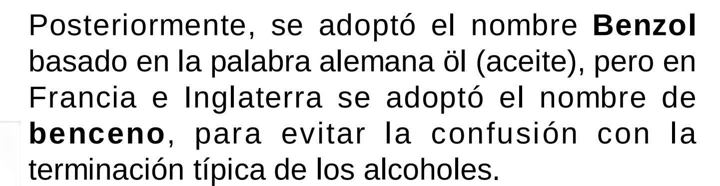


Mitscherlich



Michael Faraday

Años más tarde, **Mitscherlich** estableció la fórmula molecular del compuesto, (C_6H_6), y lo nombró **bencina**. Otros químicos se opusieron a este nombre porque su terminación implicaba una relación con los alcaloides, tales como la quinina.

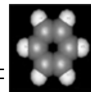


Posteriormente, se adoptó el nombre **Benzol** basado en la palabra alemana öl (aceite), pero en Francia e Inglaterra se adoptó el nombre de **benceno**, para evitar la confusión con la terminación típica de los alcoholes.



Laurent

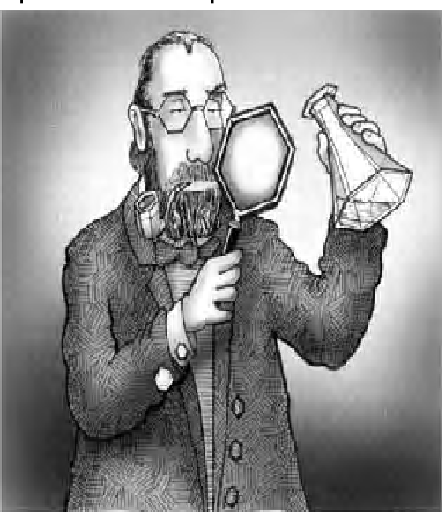
Al inicio de la historia del benceno, **Laurent** propuso el nombre **feno** (del griego **Phaineim**, brillar) por asociarlo con el descubrimiento del producto en el gas de alumbrado. Este nombre no tuvo aceptación, pero hoy todavía persiste la nominación **fenilo**, para la designación del grupo $-C_6H_5$.



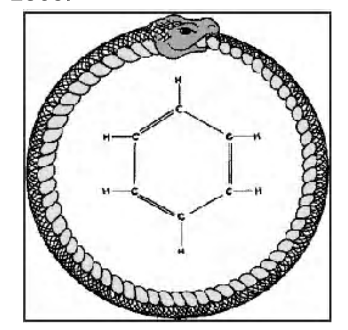
El establecimiento de una fórmula estructural que diera cuenta de las propiedades del benceno, fue un problema muy difícil para los químicos de la mitad del siglo XIX. Muchos científicos intentaron sin éxito, dibujar una estructura lineal para este compuesto.

En 1865, **Augusto Kekulé** fue capaz de dar respuesta al problema estructural del benceno. Veamos lo que el mismo nos describe:

"Estaba sentado, escribiendo mi libro, pero el trabajo no progresaba; mis pensamientos estaban lejos. Moví mi silla hacia el fuego y dormité. Los átomos nuevamente brincaban ante mis ojos. Esta vez, los grupos más pequeños se mantenían modestamente al fondo. Mi ojo mental, agudizado por repetidas visiones similares, ahora podía distinguir estructuras mayores de muchas conformaciones: largas filas, a veces muy apretadas, todas ellas girando y retorciéndose como serpientes. ¡Pero vean! ¿Qué fue eso? Una de las serpientes había logrado asir su propia cola y la figura danzaba burlonamente ante mis ojos. Desperté como por el destello de un relámpago; ...Pasé el resto de la noche desarrollando las consecuencias de la hipótesis. Señores, aprendamos a soñar y entonces, quizá aprenderemos la verdad". August Kekulé, 1865.



Augusto Kekulé

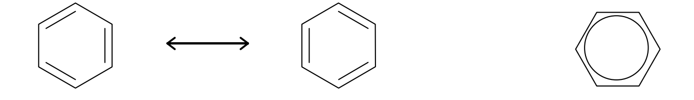


Así fue como Kekulé llegó a plantear que en una molécula de benceno, los seis átomos de carbono se encuentran ordenados formando un anillo con un átomo de hidrógeno enlazado a cada átomo de carbono y con tres enlaces dobles carbono-carbono.

Esto también era confuso, ya que los enlaces dobles son muy reactivos y los experimentos demostraban que el benceno reaccionaba poco y no efectuaba las reacciones características de los alquenos.

Sugirió que los enlaces dobles se encuentran en una oscilación rápida (resonancia) dentro de la molécula y que, por lo tanto, el benceno tiene dos fórmulas estructurales que se alternan una con otra. Éstas se representan en la siguiente forma:

La molécula de benceno, actualmente se concibe como un híbrido de las dos. Hoy en día por conveniencia, los químicos usualmente escriben la estructura del benceno, utilizando un círculo en el centro del hexágono, para indicar que los electrones se comparten por igual entre los seis carbonos del anillo.



Los conceptos de **Kekulé** fueron una gran aportación teórica en la historia de la química, pues marcaron el inicio de la comprensión de la estructura de los compuestos aromáticos. Actualmente se considera que los seis electrones del benceno son compartidos de igual manera por todos los átomos de carbono, lo que los hace muy estables y menos reactivos que los alquenos.

Nomenclatura

En el sistema IUPAC, los derivados del benceno se nombran combinando el prefijo del sustituyente con la palabra benceno.

Benceno monosustituido

Los nombres se escriben formando una sola palabra. En el **benceno monosustituido**[3] no se necesita numerar la posición; puesto que todos sus átomos de hidrógeno son equivalentes, el grupo puede estar en cualquier posición, como se muestra en la siguiente figura:

Clorobenceno

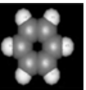
Cl Cl Cl Cl Cl Cl

Varios derivados monosustituidos del benceno poseen nombres especiales que son muy comunes y que por esa razón tienen la aprobación de la IUPAC, por ejemplo:

Tabla 6

	CH_3–O– (estructura)	CH_3–CH_2– (estructura)	CH_3–C(CH_3)–CH_3 (estructura)	OH (estructura)
IUPAC	Metoxibenceno	Etilbenceno	Ter-butilbenceno	Hidroxibenceno
Común	Anisol			Fenol
	NH_2 (estructura)	CH=O (estructura)	O=C–OH (estructura)	O=N–O (estructura)
IUPAC	Aminobenceno	Benzaldehído	Ácido benzoico	Nitrobenceno
Común	Anilina	Benzaldehído	Ácido benzoico	

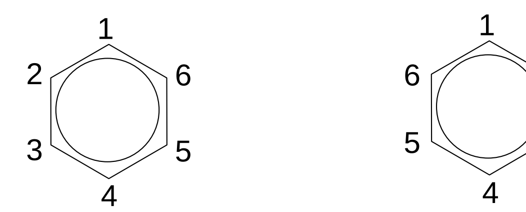
[3] En ocasiones, el benceno puede ser considerado como un grupo sustituyente en algunas cadenas carbonadas, acíclicas o cíclicas, recibiendo el nombre de grupo fenilo.

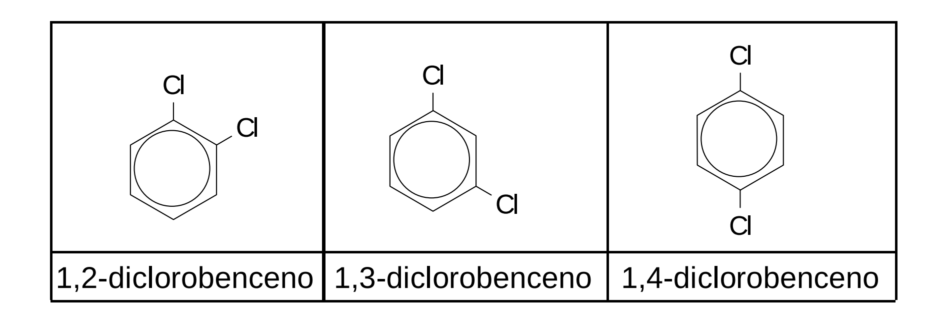


	CH_3	$CH=CH_2$	O=S(OH)–O	Br
IUPAC	Metilbenceno	Vinilbenceno	Ácido bencensulfónico	Bromobenceno
Común	Tolueno	Estireno		

<u>**Benceno disustituido**</u>

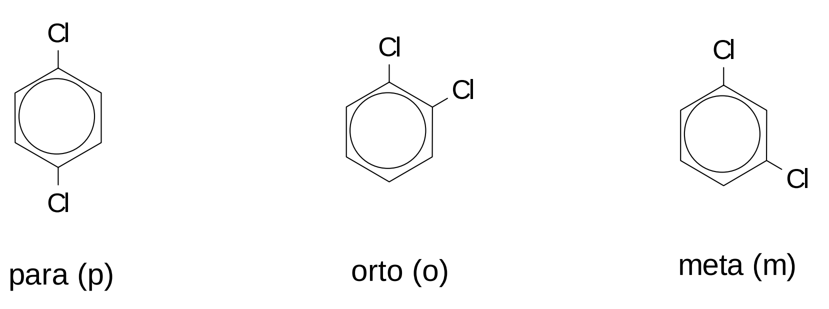
Cuando hay dos o más sustituyentes, se necesita especificar su posición. El sistema de numeración es sencillo, se puede numerar en el sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario, siempre que se obtengan los números más bajos posibles:





1,2-diclorobenceno	1,3-diclorobenceno	1,4-diclorobenceno

Comúnmente, estos derivados disustituidos del benceno* se nombran haciendo uso de los prefijos griegos: orto, meta y para (que se abrevian a menudo: **o-, m-** y **p-,** respectivamente).



p-diclorobenceno **o-diclorobenceno** **m-diclorobenceno**

Benceno polisustituido

En bencenos polisustituidos, se utiliza el sistema de numeración y los grupos sustituyentes se colocan por orden alfabético. Por ejemplo:

2,4,6-trinitrotolueno (TNT)

1,3,5-trimetil benceno

5-bromo-2-cloro fenol

Aplicaciones de los hidrocarburos aromáticos

El **benceno** y sus derivados deben ser manejados con cuidado, ya que todos ellos son tóxicos. Algunos se emplean como medicamentos, colorantes, disolventes, explosivos, insecticidas, catalizadores, etc. Por ejemplo, la **anilina** se utiliza como colorante en la ropa.





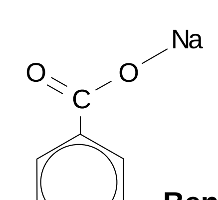






El **clorobenceno** se utiliza como materia prima para sintetizar la **anilina** y el **DDT**, así como para otros compuestos. El **ácido benzoico** se utiliza para condimentar el tabaco, para hacer pastas dentríficas, como germicida en medicina y como intermediario en la fabricación de plastificantes y resinas.

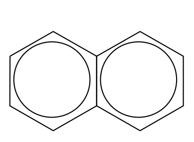




Las sales de sodio del ácido benzoico (benzoato de sodio) se emplean en la industria alimenticia para preservar productos enlatados y refrescos de frutas.

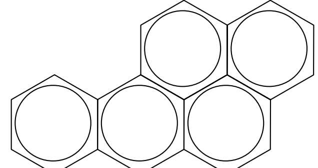
Benzoato de sodio

Existen compuestos aromáticos policíclicos; dos de estos compuestos son el naftaleno y el benzo(a)pireno.

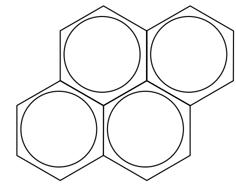




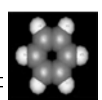
Naftaleno



Benzo(a)pireno

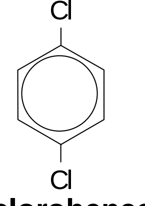


Pireno



El **naftaleno** se utiliza como repelente para la polilla (en las farmacias, se vende como bolas de naftalina), pero el **p-diclorobenceno** lo está reemplazando.

El **benzo(a)pireno** se encuentra en el humo del cigarrillo, en los escapes de los automóviles y en el hollín; se considera que este compuesto es el causante principal del cáncer en el pulmón.



p-diclorobenceno

Ejercicios de autoevaluación de compuestos aromáticos

1. Dibuja las diversas estructuras que representan al benceno.

2. ¿Por qué al benceno no se le puede llamar 1,3,5-ciclohexatrieno? investiga.

3. El benceno puede perder un hidrógeno en uno de sus átomos de carbono; cuando sucede esto, se transforma en un radical. Escribe cómo suele llamársele.

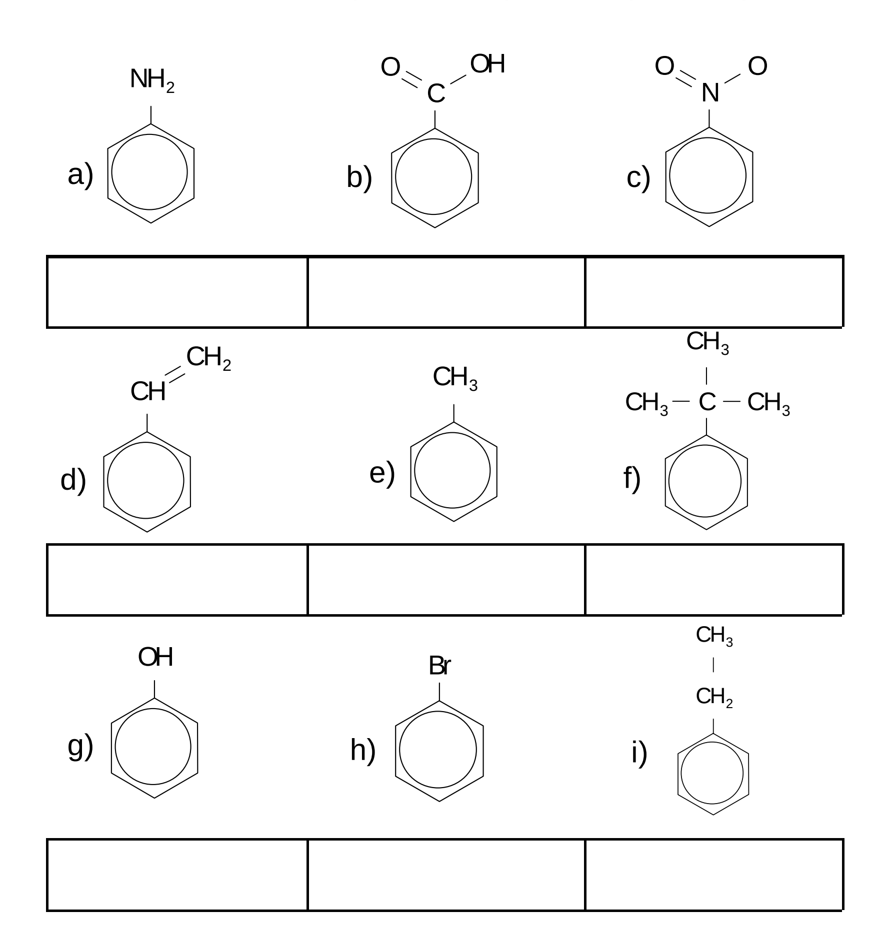
4. Anota el nombre que recibe cada uno de los siguientes radicales o grupos

a) $CH_2{=}CH^{-}$ b) CH_3^{-} c) OH^{-} d) NH_2^{-}

e) Br^{-} f) NO_2^{-} g) CH_3O^{-} h) $-COOH$



5. Escribe el nombre a cada uno de los siguientes compuestos, de acuerdo con el sistema IUPAC y el nombre común de aquellos compuestos que sí lo poseen.

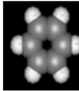


6. Escribe las fórmulas estructurales de los siguientes compuestos:

a) propilbenceno	b) isopropilbenceno	c) yodobenceno

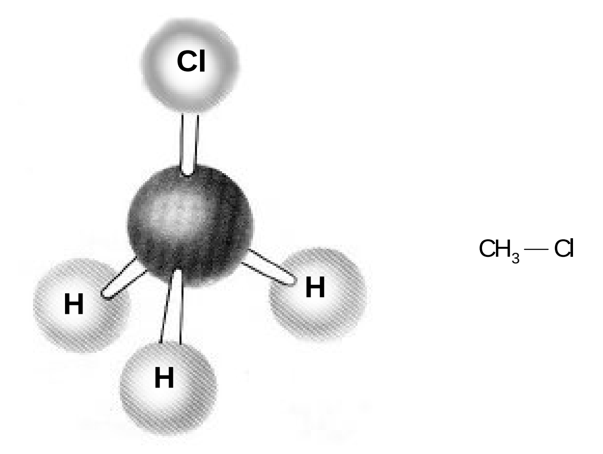
7. Dibuja las estructuras para cada uno de los siguientes compuestos y nómbralos de nuevo utilizando los prefijos o-, m-, p-:

para-etilanilina o *p*-etilanilina	*meta*-metilanisol o *m*-metilanisol	*orto*-etiltolueno o *o*-etiltolueno





DERIVADOS HALOGENADOS



$CH_3 — Cl$

Los **haluros orgánicos** están conformados por los **haluros de alquilo** y los **haluros de arilo**.

Los **haluros de alquilo** son compuestos de fórmula **R-X,** en donde **X** representa cualquier átomo de halógeno (fluoro-,cloro-,bromo y yodo) y considerado como el grupo funcional y **R-** un grupo alquílico. Ejemplo:

$CH_3 — Cl$ cloruro de metilo

R - X

Los **haluros de arilo** son compuestos que tienen un átomo de halógeno unido directamente a un anillo aromático, tienen fórmula **Ar - X,** donde **Ar** representa el anillo aromático y **X** el átomo de halógeno.

El clorobenceno es un ejemplo de haluro de arilo.

(anillo bencénico)— Cl

Ar- X

<u>Nomenclatura para derivados halogenados</u>

El sistema IUPAC considera que el átomo de halógeno es un sustituyente en la cadena principal o en el anillo aromático. Este sistema también permite el uso limitado de nombres comunes para los compuestos más sencillos.

<u>Reglas:</u>

1. Se identifica la cadena principal.

$$\begin{array}{ccccccc} & & & CH_3 & & & \\ & & & | & & & \\ \boxed{CH_3 — CH — CH_2 — CH — CH — CH_2 — CH_3} \\ & | & & & | & & \\ & CH_3 & & & Br & & \end{array}$$



2. Se numeran los carbonos por el extremo más cercano al primer sustituyente, sin importar si se trata de un alquilo o un halógeno.

CH_3 (en C4)

1 2 3 4 5 6 7

$CH_3-CH-CH_2-CH-CH-CH_2-CH_3$

CH_3 (en C2) Br (en C5)

5-bromo-2,4-dimetilheptano

2.1 Si hay diferentes halógenos se numeran conforme a su posición en la cadena, pero al escribir el nombre del compuesto, todos los sustituyentes se nombran en orden alfabético. Por ejemplo:

5 4 3 2 1

$CH_3-CH-CH_2-CH-CH_2-Br$

Cl (en C4) CH_3 (en C2)

1-bromo-4-cloro-2-metilpentano

2.2 Si existen dos sustituyentes a la misma distancia, se empieza a numerar por el extremo donde esté el sustituyente que tenga la prioridad alfabética. Por ejemplo:

CH_3 (en C5) Br (en C2)

6 5 4 3 2 1

$CH_3-CH-CH_2-CH_2-CH-CH_3$

2-bromo-5-metilhexano

3. Se nombran los sustituyentes en orden alfabético y finalmente la cadena principal, como se muestra a continuación:

CH_3 (en C2) Br (en C5)

$CH_3-CH-CH_2-CH-CH-CH_2-CH_3$

1 2 3 4 5 6 7

CH_3 (en C4)

5-bromo-2,4-dimetilheptano

Cl (en C4) CH_3 (en C2)

$CH_3-CH-CH_2-CH-CH_2-Br$

5 4 3 2 1

1-bromo-4-cloro-2,-metilpentano

```
      CH3                 Br
      |                   |
CH3 — CH — CH2 — CH2 — CH — CH3
```

2-bromo-5-metilhexano

```
               F     CH3
               |     |
Br — CH2 — CH — CH — CH2 — I
      1     2     3     4
```

1-bromo -2- fluoro - 3 -metil- 4 - yodobutano

```
             CH3
             |
             CH2   Cl    CH3    I    CH3
             |     |     |      |    |
CH3 — CH2 — CH — CH — CH — CH — C — CH2 — CH3
 1     2     3     4     5     6   7|  8     9
                                      |
                                     CH3
```

4-cloro -3- etil - 5,7,7 -trimetil- 6 - yodononano

```
                                                  1
                                                   CH3
                                                   |
                                                  2
                                                   CH — CH3
                                                  3|
                                                   CH2
                                          Br
                   8      7      6      5|   4|
CH3 — CH — CH2 — CH — CH2 — CH — C — CH — CH2 — CH2 — CH3
      |          9|            |      |
      CH3         CH2          CH2   CH3
                10|            |
                  CH2          CH3
                11|
                  CH2
                12|
                  CH3
```

5-bromo -6- etil - 8-isobutil- 2,5-dimetil- 4-propildodecano



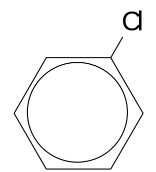
Como ocurre con otras clases de compuestos orgánicos, los haloalcanos (derivados halogenados) pueden ser denominados con nombres sistemáticos o con nombres comunes.

Los *nombres comunes* se forman por dos palabras: la primera describe el nombre del grupo funcional haluro, que puede ser fluoruro, cloruro, bromuro o yoduro, y la segunda el nombre del grupo alquilo, por ejemplo:

	CH_3-I	CH_3-CH_2-Cl	$CH_3-CH(CH_3)-Br$
Común:	yoduro de metilo	cloruro de etilo	bromuro de isopropilo
IUPAC:	yodo metano	____________	____________

	$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-F$	$CH_3-C(CH_3)_2-Br$	$CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-Cl$
Común:	fluoruro de sec-butilo	bromuro de ter-butilo	cloruro de neopentilo
IUPAC:	____________	____________	____________

	$CHCl_3$	CHI_3	$CHBr_3$	CCl_4
Común:	cloroformo	yodoformo	bromoformo	tetracloruro de carbono
IUPAC:	____________	____________	____________	____________



(1,2-diyodobenceno: anillo bencénico con I, I)

$CH_2-CH-Br$ / CH_2-CH_2 (ciclobutano)

(ciclopropano con Cl, Cl, Br)

IUPAC: ____________ ____________ ____________ ____________

Aplicaciones de los derivados halogenados

Los halogenuros de alquilo se emplean como disolventes industriales, anestésicos, refrigerantes, agentes fumigantes, plaguicidas, rodenticidas y como reactivos orgánicos en el laboratorio.







El cloruro de metilo o clorometano (**CH_3Cl**) es un gas que se utiliza como agente refrigerante en las instalaciones frigoríficas.

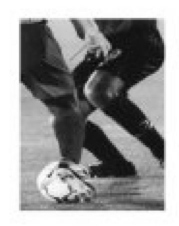
El diclorometano o dicloruro de metilo (**CH_2Cl_2**) se utiliza como disolvente, para descafeinar el café y como removedor de pinturas.

El triclorometano o cloroformo (**$CHCl_3$**), se utiliza como disolvente. En la década de los 60´s se utilizó como anestésico, pero dejó de utilizarse debido a su toxicidad ya que produce daños severos al hígado, riñones y corazón.

Recientemente el **haloetano** (**$CF_3CHClBr$**) se ha utilizado como anestésico por inhalación ya que es eficaz y relativamente poco tóxico.

El tetraclorometano o tetracloruro de carbono (**CCl_4**) se utiliza como disolvente, para limpieza en seco, de muebles, tapices y ropa. Pero debe ser manejado con cuidado, ya que es venenoso y se acumula en el hígado.

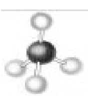
El cloruro de etilo o cloroetano (**CH_3CH_2Cl**) se utiliza como anestésico local por los deportistas, para insensibilizar las áreas golpeadas. Al ser aplicado sobre la piel, se evapora rápidamente, ya que absorbe gran cantidad de calor y el enfriamiento resultante adormece las terminaciones nerviosas.





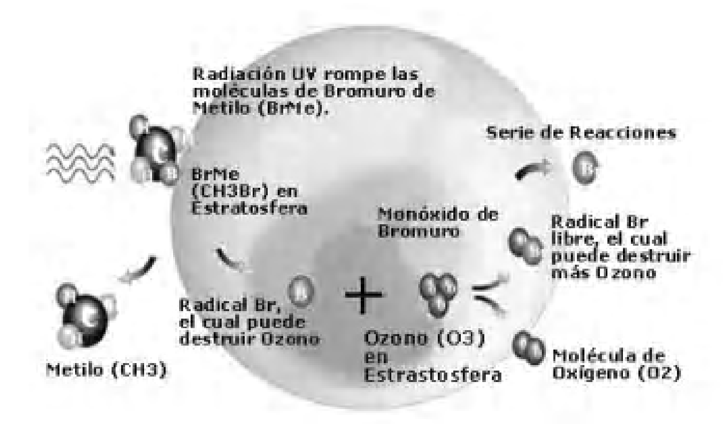
El 1,2-dibromoetano o bromuro de etileno (**CH_2BrCH_2Br**), se utilizaba como insecticida y fumigante, en las frutas cítricas tropicales y granos almacenados, pero su venta y uso se ha venido restringiendo debido a que ocasiona cáncer.

El Bromuro de metilo (**CH_3Br**) es un insecticida muy utilizado en productos no perecederos destinados a la exportación como: frutos secos, cereales, verduras, maderas, etc. Se utiliza También en la desinfección de almacenes, silos, molinos, etc. Así como en la desinfección de camiones, barcos, aviones.



En 1992 se reconoció oficialmente al bromuro de metilo como uno de los responsables del deterioro de la capa de ozono. La disminución de la capa de ozono conlleva un aumento de las radiaciones ultravioletas de tipo B que llegan a la corteza terrestre.

Efectos del Bromuro de metilo en la estratósfera



Tanto los hidrocarburos halogenados como el bromuro de metilo actúan como catalizadores de la reacción que destruye la capa de ozono

Existe un elevado número de alcanos parcialmente fluorados, que son sobradamente conocidos en el mercado por su uso como fluidos en sistemas de refrigeración y como aerosoles. Estos compuestos son los llamados **clorofluorocarbonos**, comercialmente conocidos como **freones**. Hoy en día, su uso va disminuyendo, por el grave daño ambiental que ocasionan al destruir la capa de ozono.

compuesto	Nombre comercial	Nombre sistemàtico
$CFCl_3$	Freón 11	triclorofluorometano
CF_2Cl_2	Freón 12	diclorodifluorometano
CF_3Cl	Freón 13	clorotrifluorometano
CF_4	Freón 14	tetrafluorometano

Muchos de los **insecticidas** que se utilizan en las casas o en los campos agrícolas para combatir las plagas, son los compuestos clorados y entre los más conocidos están el **DDT,** el **lindano**, el **aldrín** y el **clordano**.

El 1,2,3,4,5,6–**hexaclorociclohexano** conocido como **lindano** se utiliza como garrapaticida y era uno de los componentes del jabón del “perro agradecido”.

El insecticida **DDT** (**diclorodifeniltricloroetano**) pertenece a los haluros orgánicos. El **DDT** es un insecticida muy eficaz cuyo uso ha salvado miles de vidas humanas y animales; paradógicamente presenta el problema de no descomponerse con facilidad, pues se acumula en el ambiente y en los tejidos grasos del cuerpo. Tambien se ha encontrado que produce cáncer en animales de laboratorio. Además de esto, se transmite a través de la cadena alimenticia, por ejemplo, el **DDT** se acumula en los insectos y en los peces, algunos animales como los pelícanos comen los peces y ésto los daña porque ocasiona el ablandamiento de los cascarones de sus huevos, lo cual provoca que se rompan con facilidad lo que pone en peligro su reproducción normal. Por estas razones, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA) ha prohibido la venta del **DDT**, excepto en caso de plagas severas.

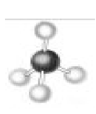
Todo comenzó en 1939 cuando el químico suizo, **Paul Múller** sintetizó el **DDT**, a partir de éste año tuvo un uso generalizado.

Estados Unidos fue el primero en utilizarlo en la Segunda Guerra Mundial, para contrarrestrar una epidemia de tifo entre las tropas y la población civil, en Italia. El éxito masivo contra esta epidemia hizo que el **DDT** se aplicara contra el mosquito anópheles, transmisor de la malaria.

Se le dio el nombre de **D**icloro**D**ifenil**T**riclorometilmetano, también el de **D**icloro**D**ifenil**T**ricloroetano o más conocido como **DDT**. Hoy recibe el nombre IUPAC:

1,1,1-Tricloro-2, 2-bis(p-clorofenil)etano

Fig. 2.3 El DDT se transmite a través de la cadena alimenticia



Ejercicios de autoevaluación de los derivados halogenados

1. ¿Cuál será la fórmula general de un compuesto, que resulta al sustituir un átomo de hidrógeno de un hidrocarburo saturado por un átomo de halógeno?

____

2. Escribe el nombre de la función que representa cada una de las siguientes fórmulas:

C_nH_{2n+2} ____________ R-H ____________

C_nH_{2n} ____________ $R-CH=CH-R'$ ____________

C_nH_{2n-2} ____________ $R-C \equiv C-R'$ ____________

R-X ____________ $C_nH_{2n+1}X$ ____________

3. Los derivados halogenados se clasifican de acuerdo con el número de halógenos presentes en un compuesto dado. Cuando éste tiene tres, se dice que es un derivado:

____

4. Escribe el nombre IUPAC a cada uno de los siguientes compuestos:

a) $Cl-CH(Cl)-Cl$

____

b) $CH_3-CH_2-CH(Cl)-CH_3$

____

c) CH_3-CH_2-Cl

____

d) $I-CH(I)-I$

____

e) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-I$

____

f) $Br-CH_2-Br$

____

g)

CH_3
|
CH_2
|
$CH_3-CH_2-C-CH_2-CH_3$
|
Br

____

h)

F
|
$F-C-CH-Cl$
|　　|
F　Br

____

i)

　　　　　CH_3
　　　　　|
　　I　　$CH-CH_3$
　　|　　|
$CH_3-CH-CH-CH-CH_3$
　　|
　　I

____

j)

$CH_3-CH-CH_2-CH_3$
　　|
　　I

____

k)

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-Br$

____

l)

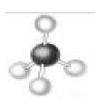
$CH_3-CH-CH_2-CH-CH_3$
　　|　　　|
　　Cl　　Cl

____

m)

　　　　　　　　　　　　　　　Cl
　　　　　　　　　　　　　　　|
$CH_3-CH_2-CH-CH_2-CH-CH-CH_2-C-CH_2-CH_3$
　　　|　　　|　|　　|
CH_3-C-CH_3　CH_2　Cl　CH_3
　　　|　　　|
　　CH_3　　CH_3

____



n) $Br-CH_2-CH_2-Br$

____

o) $CH_3-CH_2-CH(Br)-CH_2-CH_3$

____

p) $CH_2=C(I)-CH(I)-CH_3$

____

q) Ring: $CH_2-CH(Br)-CH_2-CH(Br)$ (cyclic, four carbons)

____

r) $CH_3-CH_2-C(CH_3)(CH_2CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-Cl$

____

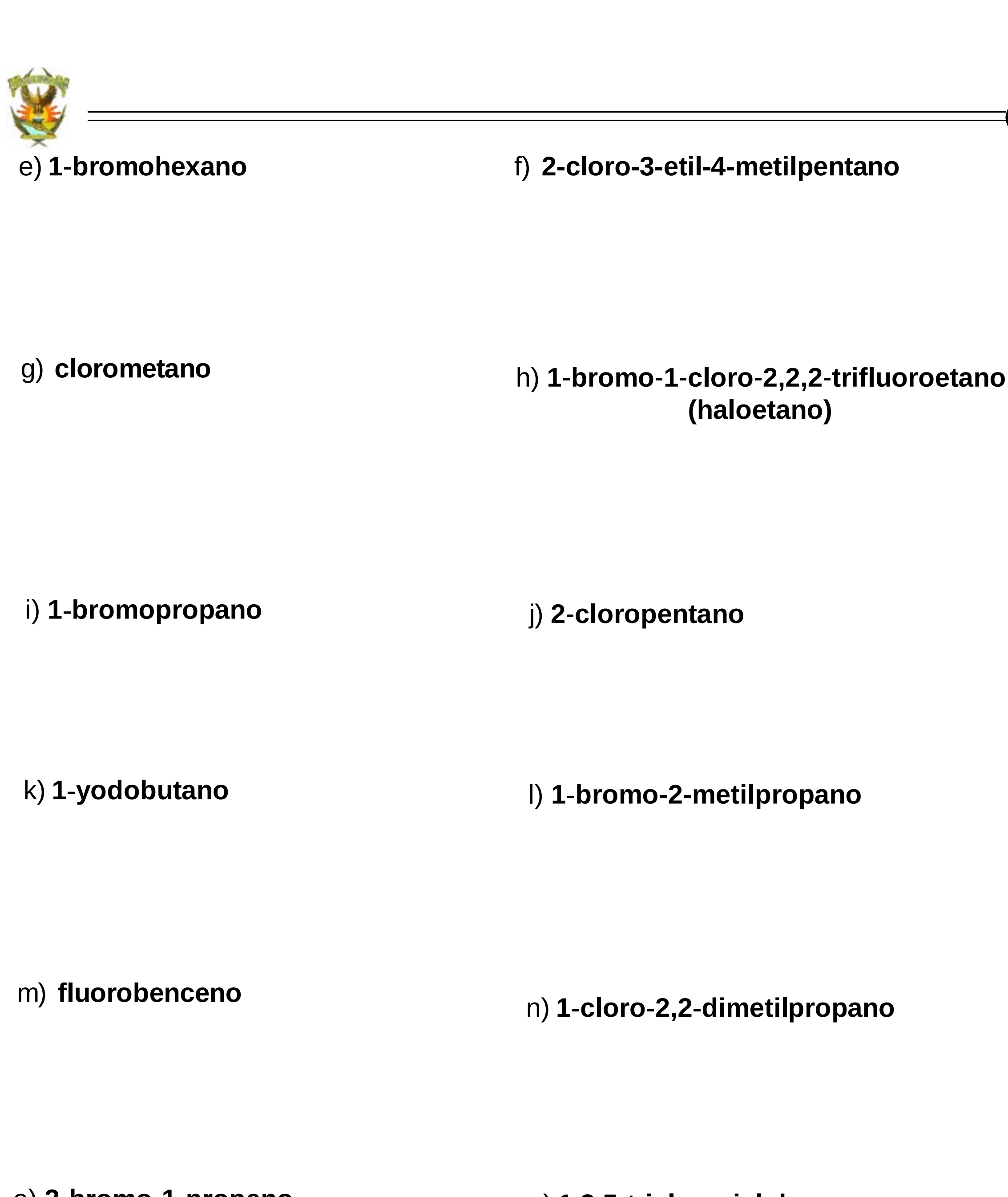
s) $CH_3-CH(CH_3)-C(CH_3)(CH_2CH_3)-CH(Cl)-CH(CH_2CH_3)-CH_2-CH_3$

____

5. Escribe las fórmulas estructurales de los siguientes derivados halogenados:

a) **cloroetano** ______________________ b) **2-cloropropano** ______________________

c) **1,2-dibromoetano** ________________ d) **2-cloro-2-metilpropano** ________________



e) **1-bromohexano**

f) **2-cloro-3-etil-4-metilpentano**

g) **clorometano**

h) **1-bromo-1-cloro-2,2,2-trifluoroetano (haloetano)**

i) **1-bromopropano**

j) **2-cloropentano**

k) **1-yodobutano**

l) **1-bromo-2-metilpropano**

m) **fluorobenceno**

n) **1-cloro-2,2-dimetilpropano**

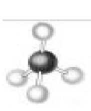
o) **3-bromo-1-propeno**

p) **1,3,5-triclorociclohexano**

q) **o-dibromobenceno**

r) **4,4-difluoro-2-penteno**

s) **1-cloro-3-metilciclobutano**



6. Escribe el nombre común de los siguientes compuestos:

a) $CHCl_3$ ____________________

b) $CH_3 - CH_2 - Cl$ ____________________

c) CCl_4 ____________________

d) $CH_3 - CH(CH_3) - Br$ ____________________

7. Escribe la fórmula estructural de los siguientes compuestos:

a) **cloruro de isobutilo**

b) **yoduro de propilo**

c) **fluoruro de pentilo**

d) **cloruro de neopentilo**

e) **yoduro de ter-butilo**

f) **bromuro de sec-butilo**

8. Investiga cuáles son las aplicaciones de los siguientes derivados halogenados:

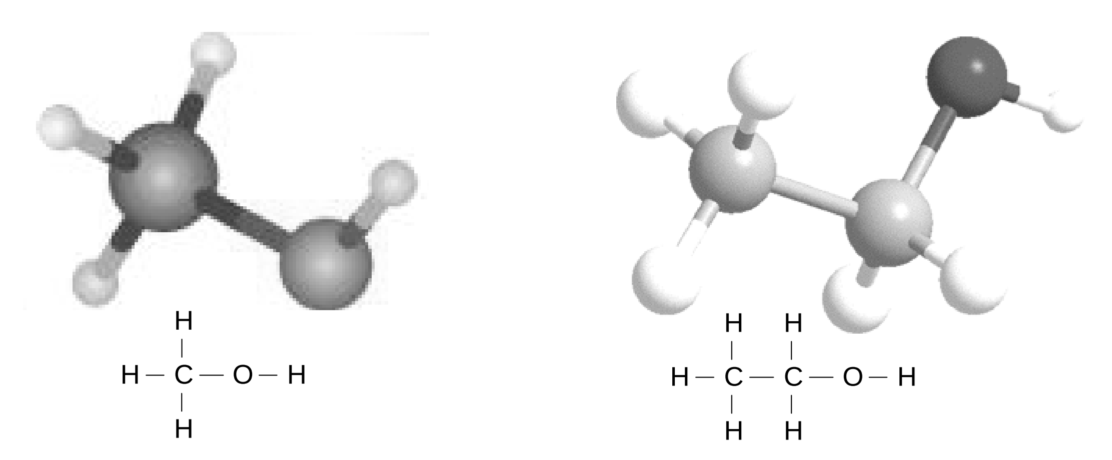
a) **Cloruro de etilo** ____________________

b) **Cloroformo** ____________________

c) **Yodoformo** ____________________

d) **DDT** ____________________

ALCOHOLES



Los **alcoholes** son compuestos que pueden ser considerados como derivados estructurales del agua, al sustituir a uno de los hidrógenos por un grupo alquílico, en su molécula:

Son compuestos orgánicos que se caracterizan por tener un grupo oxhidrilo o hidroxilo (**-OH**) unido a una estructura acíclica o cíclica.

H – O – H (agua) H – O – R

ROH

Aquí sólo abordaremos los alcoholes acíclicos saturados, de fórmula tipo: **R-OH,** donde **R** puede ser un grupo alquilo: metilo, primario, secundario o terciario:

$CH_3 - OH$	$R - CH_2 - OH$	$R - CH(R) - OH$	$R - C(OH)(R) - R$
Metilo	alcohol primario	alcohol secundario	alcohol terciario

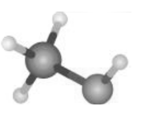
<u>Nomenclatura</u>

Al igual que otros compuestos orgánicos, los alcoholes reciben también nombres comunes y sistemáticos. Los cuales sólo son útiles para nombrar a los compuestos más sencillos.

<u>Nombre común</u>

Los nombres comunes de los alcoholes se obtienen combinando la palabra **alcohol** con el nombre del grupo **alquílico.** Por ejemplo:

$CH_3 - OH$	$CH_3 - CH_2 - OH$	$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$
alcohol metílico	**alcohol etílico**	**alcohol propílico**



$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH-CH_2-OH \end{array}$$

alcohol isobutílico

$$\begin{array}{c} CH_3-CH-OH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

alcohol isopropílico

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C-OH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

alcohol ter-butílico

Nombre IUPAC

En el sistema IUPAC, los alcoholes se nombran como alcanoles, es decir, se cambia la terminación **(o)** del alcano por el sufijo **(ol)**, y sus nombres se forman a partir de una raíz, un sufijo primario y un sufijo secundario, por ejemplo:

alcohol	raíz	sufijo primario	sufijo secundario	nomenclatura
CH_3-OH	**met**	**an**	**ol**	metanol
CH_3-CH_2-OH	**et**	**an**	**ol**	etanol

Reglas:

1. Se selecciona la cadena continua más larga de átomos de carbono que contenga el grupo oxhidrilo **-OH**. Ejemplo:

$$CH_3-CH_2-\underset{}{\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}}-CH_2-\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{CH}-CH_3$$

2. Se numera de tal forma que el grupo **-OH**, tenga el localizador más pequeño posible en el compuesto. Ejemplo:

$$\underset{6}{CH_3}-\underset{5}{CH_2}-\underset{4}{\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{CH}}-\underset{3}{CH_2}-\underset{2}{\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{CH}}-\underset{1}{CH_3}$$

3. Se nombran los grupos sustituyentes en orden alfabético indicando su posición con un número. En este caso hay un grupo metilo en el carbono 4.

4. Se da nombre a la cadena principal cambiando la terminación **-o** del alcano correspondiente, por el sufijo **ol**. Indicando además la posición del –**OH**.

En este caso, el compuesto recibe el nombre: **4-metil-2-hexanol**



En la tabla de prioridades, pudimos darnos cuenta que el grupo funcional **-OH** tiene preferencia sobre las insaturaciones, de tal forma que en los siguientes ejemplos, este grupo funcional tendrá el localizador más bajo. Ejemplo:

```
                        6CH3
                           \
          OH                5CH
          |                 //
CH3 — CH — CH2 — CH
1       2      3      4
```

4-hexen-2-ol

```
CH3
  \
   C — CH2 — CH — CH3
 //4    3     2|    1
CH2            OH
5
```

4-metil-4-penten-2-ol

Aplicaciones de los alcoholes

El **metanol** se conoce comúnmente como **alcohol de madera**, porque anteriormente se obtenía calentando madera en ausencia de aire. Hoy, este proceso se sigue utilizando, pero sólo para obtener carbón vegetal.

Actualmente, el **metanol** se obtiene mediante la hidrogenación catalítica del monóxido de carbono a presión elevada.

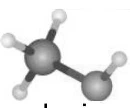
$$CO \quad + \quad 2\,H_2 \xrightarrow[\text{300-400°C, 200 atm}]{\text{2 ZnO–Cr}_2\text{O}_3} CH_3OH$$



El **metanol** puro se ha usado durante años, en los motores de los autos de carreras. Su utilización en autos normales no está descartado ya que produce menos monóxido de carbono que la gasolina y además por su resistencia al golpeteo.

La inconveniencia de utilizar al **metanol** como combustible en los autos, es por su tendencia a convertirse en formaldehído, del cual se sospecha puede ser cancerígeno.

El **metanol**, industrialmente se utiliza en la obtención de formaldehídos, los cuales son usados en la manufactura de polímeros. Se utiliza además como materia prima en la síntesis de ácido acético, ésteres, para desnaturalizar el alcohol etílico, como disolvente y como anticongelante.



El **metanol** es sumamente venenoso para los seres humanos, su ingestión puede producir ceguera y la muerte, incluso si se ingiere en pequeñas cantidades, puede provocar dolor de cabeza y fatiga. En nuestro país, en estados como Morelos, Puebla y Oaxaca, han muerto varias personas por ingerir bebidas de dudosa procedencia y que contenían altos porcentajes de metanol.

El **etanol** se conoce comúnmente como alcohol de caña o alcohol etílico, se encuentra en bebidas como cerveza, vino, whisky, tepache y tejuino. Se produce por fermentación del grano de maíz, sorgo, arroz, cebada, uvas, etc, de acuerdo con la siguiente reacción:

$$\underset{\text{Glucosa}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\textbf{Levadura}} \underset{\text{Etanol}}{2\ CH_3CH_2OH} + 2\ CO_2$$

El **etanol**, al igual que el metanol sirve como combustible en motores de combustión interna, y en la actualidad se añade a la gasolina para formar **gasohol**.

El **gasohol** es un combustible que consiste en una mezcla de **etanol** en gasolina al 10%,y que fue desarrollado en respuesta a la crisis de energía.

Industrialmente el etanol se utiliza como disolvente y en la preparación de ácido acético. La producción comercial de etanol se lleva a cabo mediante la reacción del etileno con el agua.

$$\underset{\text{Etileno}}{CH_2 = CH_2} + H_2O \xrightarrow[\text{catalizador}]{\mathbf{H}+} \underset{\text{Etanol}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}\mathbf{OH}}$$

El **etanol** se utiliza como disolvente en perfumes, saborizantes, barnices, bebidas alcohólicas, medicamentos (como jarabes, tintura de yodo).

El **etanol** se utiliza en la industria y también como antiséptico, se desnaturaliza al adicionarle pequeñas cantidades de metanol, para evitar su consumo como bebida.

Cuando se ingiere en pequeñas cantidades, el etanol suele producir sensación de euforia en el organismo, aunque se trate de una sustancia depresora. Al ingerir mayores cantidades se afecta la coordinación mental y física, llegando en ocasiones a producir la muerte.

El **isopropanol**, **2-propanol** o **alcohol isopropílico** es un líquido incoloro que hierve a 82.5° C y funde a -89.5° C, se utiliza como materia prima en la elaboración de la acetona, como disolvente de los componentes del shellac y de otros acabados resinosos, como desinfectante y como alcohol de fricción(alcohol para frotar), ya que se evapora con rapidez y enfría la piel, reduciendo el tamaño de los vasos sanguíneos que se encuentran cerca de la superficie y el tamaño de los poros.

El isopropanol está registrado como el primer producto químico derivado del petróleo, industrialmente se obtiene del propeno, su síntesis es similar a la utilizada para obtener etanol a partír de etileno.

$$\underset{\text{Propeno}}{CH_3-CH=CH_2} + H_2O \xrightarrow{\mathbf{H^+}} \underset{\text{2-propanol}}{CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3}$$



El **etilenglicol** o **1,2-etanodiol** es el alcohol más sencillo que contiene dos grupos **OH,** éste es tóxico cuando se ingiere y provoca daños renales, coma y la muerte.

$$OH - CH_2 - CH_2 - OH$$

Una de las principales aplicaciones del etilenglicol en la vida cotidiana, es su uso como anticongelante en los automóviles y como disolvente en la industria de pinturas y plásticos. También se utiliza en las formulaciones de tinta para imprenta y plumas de escribir.

La **glicerina o 1,2,3-propanotriol** ha encontrado muchas aplicaciones en medicina por su carácter higroscópico, en la preparación de ungüentos, cremas, cosméticos y algunos jabones para el suavizado de la piel y de las manos.

En la industria de la curtiduría encuentra aplicación en la producción de cueros, para proteger a éstos contra el secado: en la industria textíl, para el afino de las telas con el fin de impartirles suavidad, elasticidad, etc. La glicerina se emplea también para la obtención de resinas sintéticas y de sustancias explosivas, por ejemplo, la nitroglicerina.

```
OH — CH2 — CH — CH2 — OH
            |
            OH
```

Ejercicio de autoevaluación de alcoholes

1. Escribe el nombre IUPAC para cada uno de los siguientes compuestos.

a)

```
         CH3
          |
CH3 — C — CH2 — CH — CH3
          |            |
         CH3          OH
```

____

b)

```
CH3 — CH2 — CH2 — CH — CH2 — CH3
                   |
                   OH
```

____

c)

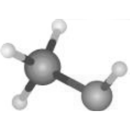
```
                    CH3
                     |
                    CH2
                     |
CH3 — CH2 — CH — C — CH2 — CH2 — CH3
             |   |
            OH  CH3
```

____

d)

```
            CH3
             |
            CH2
             |
OH — CH2 — CH — CH — CH2 — CH2 — CH3
                 |
                CH3
```

____



2. Escribe la fórmula estructural de los siguientes compuestos:

a) 3 -metil -2-butanol

b) 2 - metil-1-propanol

c) 3,5 - dimetil - 4 - heptanol

d) 5 - etil - 3 - isopropil - 2,2,5,6 - tetrametil - 3 - heptanol

e) 4 - ter-butil - 6 - etil -3,6,7 - trimetil - 4 - octanol

f) 5 - isopropil - 7 - metil - 6 - propil - 3 -nonanol

g) 2 - etil - 3 - metil - 1 - butanol

3. ¿Cuál de los siguientes nombres es correcto para el compuesto?:

a) 4-ter-butil-2-hexanol

b) 4-etil-5,5-dimetil-2-hexanol

c) 3-etil-2,2-dimetil-5-hexanol

```
                               CH3
                               |
CH3 — CH — CH2 — CH — C — CH3
      |           |     |
      OH         CH2   CH3
                  |
                 CH3
```

4. Investiga qué materias primas se utilizan para elaborar vinos y licores y explique las diferen cias entre estos productos.

---

5. Explica, por qué el metanol puede ser considerado como uno de los combustibles del futuro.

____

____

____

6. Recurriendo a la investigación bibliográfica o de campo, obtén información sobre el proceso de elaboración de la cerveza y cuáles son las materias primas que se utilizan en la produc ción de las cervezas de la región.

____

____

____

____

____

7. Escribe el nombre común para cada uno de los alcoholes que se dan a continuación:

a) $CH_3—CH(CH_3)—CH_2—OH$

____

b) $CH_3—OH$

____

c) $CH_3—CH_2—OH$

____

d) $CH_3—CH(OH)—CH_3$

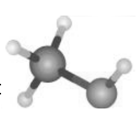
____

e) $CH_3—C(CH_3)_2—CH_2—OH$

____

f) $CH_3—CH_2—CH_2—OH$

____



8. Escribe el nombre IUPAC para cada uno de los siguientes alcoholes:

a) CH_3-CH_2-OH

b)
CH_3
$CH_3-CH_2-C-CH_2-CH-CH_3$
CH_3 OH

c)
OH
$CH_3-CH-CH_2-CH-CH_2-CH-C-CH_3$
CH_3 CH_3 CH_2 CH_2
CH_3 CH_3

d)
$CH_3-CH-CH_2-OH$
CH_3

e)
CH_3
$CH_3-CH-CH-C-OH$
CH_3 CH_3 CH_3

f)
CH_3
CH_2
$CH_3-C-CH_2-CH_2-CH_3$
CH_2
OH

g)
CH_3
CH_2
$CH_3-CH_2-CH-CH-CH_2-C-CH_2-CH_3$
CH_3 OH CH_2
CH_3

h)
CH_3
CH_3-C-OH
CH_3

9. Escribe la estructura de los siguientes compuestos:

a) alcohol metílico

b) alcohol butílico

c) alcohol neopentílico

d) alcohol etílico

e) alcohol sec-butílico

f) alcohol isopropílico

g) alcohol pentílico

h) alcohol ter-butílico

i) 1-propanol

j) 2-butanol

k) 3-hexanol

l) 2-heptanol

m) 2-metil-2-propanol

n) 2,2-dimetil-3-pentanol

o) 2,3,5-trimetil-3-hexanol

p) 3-etil-2,5-dimetil-4-heptanol

q) 1,2 - propanodiol

r) 5, 7- dietil-2,2-dimetil-5-neopentil-4-nonanol

s) 2-metil-1-butanol

____

t) ciclobutanol

____

u) 3-metil-3-pentanol

____

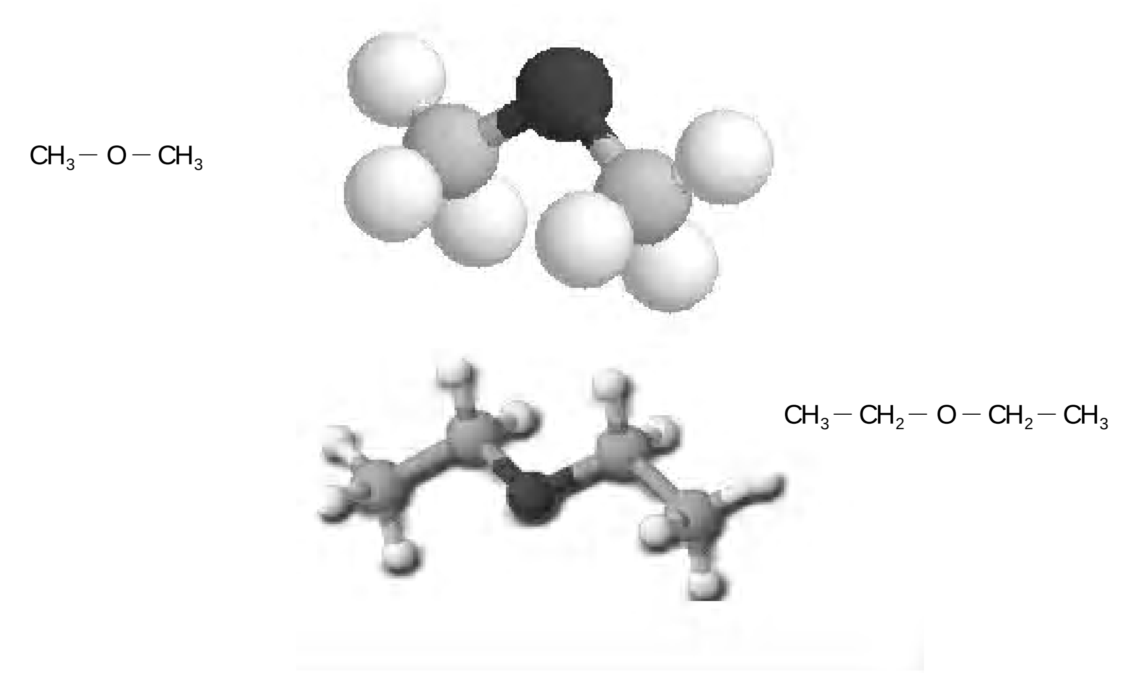
v)1,3-dietil-4-isopropil-1-ciclopentanol

____

w) 1,2,3-propanotriol (glicerina)

____

ÉTERES



Los éteres son compuestos de fórmula tipo:

R-O-**R´**; para éteres alifáticos $CH_3-CH(CH_3)-O-CH(CH_3)-CH_3$

Ar-O-**Ar´**; para éteres aromáticos $C_6H_5-O-C_6H_5$

Ar-O-**R**; para éteres mixtos, alifáticos o aromáticos $C_6H_5-O-CH_3$

En este curso, dedicaremos nuestra atención sólo a los éteres alifáticos donde los grupos alquílicos **R**, **R**' pueden ser iguales (simétricos) o diferentes (asimétricos).

Los éteres pueden ser considerados como derivados del agua, al sustituir los hidrógenos por grupos alquílicos.

H–O–H R–O–R

Nomenclatura de éteres

Los éteres, al igual que otros compuestos, pueden ser conocidos por diversos nombres, por ejemplo, el éter que tiene la fórmula **CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3**, y que anteriormente era utilizado como anestésico, es denominado: como **éter dietílico**, **éter etílico**, **etoxi etano** o simplemente **éter**.



$CH_3-O-CH_2-CH_3$
éter etil metílico

$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$
éter dietílico

CH_3-O-CH_3
éter dimetílico

$CH_3-C(CH_3)_2-O-CH_3$
éter ter-butílmetílico

$CH_3-CH(CH_3)-O-CH(CH_3)-CH_3$
éter diisopropílico

$CH_3-O-CH(CH_3)-CH_3$
éter isopropilmetílico

$CH_3-C(CH_3)_2-O-C(CH_3)_2-CH_3$
éter diter-butílico

En el sistema **IUPAC** los éteres se nombran como **alcoxialcanos**. Las reglas para dar nombres a estos compuestos son:

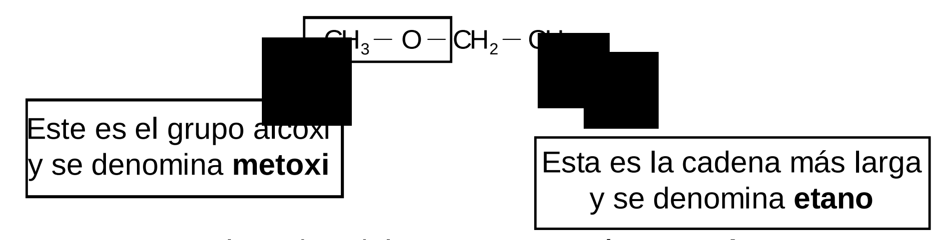
1. Se selecciona la cadena de átomos de carbono más larga.

2. Se selecciona el grupo **alquiloxi** (**R**-**O**-**),** el cual contendrá la cadena de átomos de carbono más corta. Por convención, hoy es más usual utilizar la contracción **alcoxi.** Por ejemplo:

CH_3-O- es **metiloxi,** pero se denomina **metoxi**

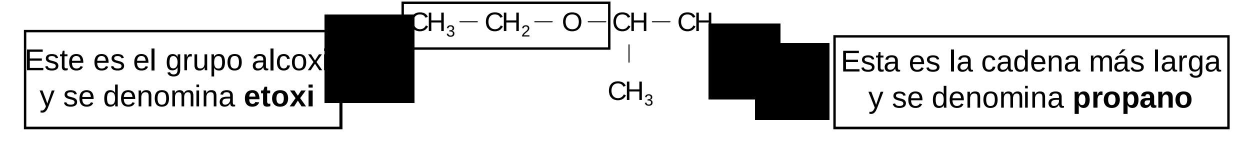
Sin embargo, en los grupos que contienen 5 carbonos en adelante sus nombres no se contraen, y así tenemos **pentiloxi, hexiloxi**, **heptiloxi**, etc.

3. En compuestos sencillos se nombra primeramente el grupo alcoxi y finalmente la cadena carbonada más larga, como un alcano normal. Ejemplo:



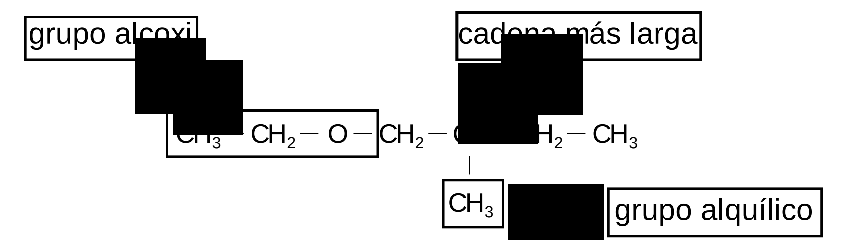
Por tanto, el nombre del compuesto será: **metoxietano.**

En algunos casos más complicados, es necesario indicar la posición del grupo **alcoxi** en la cadena y utilizar el orden alfabético. Por ejemplo:



Por tanto, el nombre del compuesto será, **2-etoxipropano**

En el siguiente compuesto:



El nombre del compuesto es: **1-etoxi-2-metilbutano**

En el siguiente compuesto:

$$\begin{array}{ccccccc} & & CH_3 & & CH_3 & & \\ & & | & & | & & \\ CH_3 & - & C & - O - & C & - & CH_3 \\ & & | & & | & & \\ & & CH_3 & & CH_3 & & \end{array}$$

El nombre es: **2-ter-butoxi-2-metilpropano**

Actividad:

Escribe los nombres IUPAC para cada uno de los siguientes compuestos.

a)
$$\begin{array}{ccccc} & & CH_3 & & \\ & & | & & \\ CH_3 & - & C & - O - & CH_3 \\ & & | & & \\ & & CH_3 & & \end{array}$$

____

b)
$$\begin{array}{ccccccc} CH_3 - & CH & - & CH & - & CH & - O - CH_3 \\ & | & & | & & | & \\ & CH_3 & & CH_3 & & CH_3 & \end{array}$$

____

c)
$$\begin{array}{cc} CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - & CH - O - CH_3 \\ & | \\ & CH_3 \end{array}$$

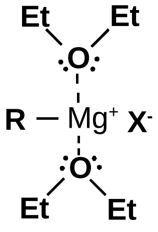
____



Aplicaciones de los éteres

Los éteres y en particular el **éter dietílico** se emplean como **disolventes** porque son menos reactivos que muchos otros compuestos orgánicos y porque sus puntos de ebullición son bajos, lo que facilita su separación de los solutos. Se utiliza frecuentemente en el laboratorio para extraer materiales orgánicos de disoluciones acuosas.

El éter dietílico y el tetrahidrofurano, son disolventes que generalmente se utilizan para preparar los reactivos de Grignard, ya que pueden solvatar fuertemente al magnesio del catión R-Mg^{+}.



R — Mg^{+} **X^{-}**

El **éter dietílico**, comúnmente conocido como **éter**, se usó como **anestésico** por más de 100 años. Éste, produce la inconsciencia mediante la depresión del sistema nervioso central, es decir inhibe la capacidad de las células nerviosas para enviar señales de dolor al cerebro.



Las principales desventajas del **éter dietílico** son sus efectos irritantes en el sistema respiratorio, la presentación de náusea y vómito posterior a la anestesia, así como su rápida volatilidad a temperatura ambiente y el peligro constante de combustión o explosión.

Otros éteres que se han empleado como anestésicos son, el **neotil**, el **enflurano** y el **vineteno**, pero han sido sustituidos por el **haloetano** por provocar efectos secundarios.

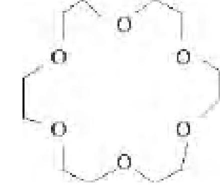
Fig.2.4 Uno de los primeros anestésicos usados en medicina fue el éter etílico.

$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_3$	$F-CHF-O-CF_2-CHF-Cl$	$CH_2{=}CH-O-CH{=}CH_2$	$Br-CHCl-CF_3$
neotil o 1-metoxipropano	**enflurano**	**vineteno**	**haloetano**

El **éter metil-ter-butílico**, **$(CH_3)_3C-O-CH_3$** reemplazó al tetraetilo de plomo como agente antidetonante en la gasolina, porque este es un metal tóxico que se acumula en los seres vivos, y que ya planteaba un peligro ambiental. Tanto el tetraetilo de plomo como el éter metil-ter-butílico aumentan efectivamente el índice de octano.

$$CH_3-C(CH_3)_2-O-CH_3$$

Los éteres corona son catalizadores de transferencia de fase. Se usan para transferir compuestos iónicos a una fase orgánica o de una fase orgánica a una fase acuosa. Uno de los éter corona más efectivos y de mayor uso como catalizador es el denominado eter 18-corona-6, para indicar que el anillo tiene 18 átomos, seis de los cuales son oxígeno.



eter 18-corona-6



Ejercicios de autoevaluación de éteres

1. Escribe los nombres comunes para cada uno de los siguientes compuestos:

a) $CH_3-O-CH_2-CH_3$ ________________

b) $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$ ________________

c) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ ________________

d) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-O-CH_2-CH_3$ ________________

e) $CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ ________________

2. Escribe la fórmula estructural de cada uno de los siguientes éteres:

a) éter etil propílico

b) éter metílico

c) éter butil pentílico

d) éter isobutíl metílico

e) éter neopentílico

f) éter sec-butílico

g) éter etil isopropílico

h) éter metil neopentílico

3.Escribe el nombre de los siguientes radicales alquiloxi.

a) $\left[CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-O\right]^-$ ________________

b) $\left[CH_3-CH_2-CH_2-O\right]^-$ ________________

c) $\left[CH_3-CH_2-O\right]^-$ ________________



d)
$$\left[\begin{array}{l} \quad\;\; CH_3 \\ \quad\;\;\;\, | \\ CH_3-C-CH_2-O \\ \quad\;\;\;\, | \\ \quad\;\; CH_3 \end{array}\right]^-$$

____

e)
$$\left[\begin{array}{l} \quad\;\; CH_3 \\ \quad\;\;\;\, | \\ CH_3-C-O \\ \quad\;\;\;\, | \\ \quad\;\; CH_3 \end{array}\right]^-$$

____

f)
$$\left[\begin{array}{l} CH_3-CH_2-CH-O \\ \qquad\qquad\quad\; | \\ \qquad\qquad\; CH_3 \end{array}\right]^-$$

____

g)
$$\left[\begin{array}{l} CH_3-CH-CH_2-O \\ \qquad\quad\; | \\ \qquad\; CH_3 \end{array}\right]^-$$

____

h) $\left[CH_3-O\right]^-$

____

i) $\left[CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-O\right]^-$

____

4. Utiliza la nomenclatura IUPAC para dar nombre a cada una de las siguientes estructuras:

a)
$$\begin{array}{l} CH_3-O-CH-CH_2-CH_2-CH_3 \\ \qquad\qquad\;\; | \\ \qquad\quad\;\; CH_3 \end{array}$$

____

b) $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

____

c)
$$\begin{array}{l} \quad\;\; CH_3 \qquad\qquad\quad CH_3 \\ \quad\;\;\;\, | \qquad\qquad\qquad\;\; | \\ CH_3-C-O-CH_2-C-CH_2-CH_3 \\ \quad\;\;\;\, | \qquad\qquad\qquad\;\; | \\ \quad\;\; CH_3 \qquad\qquad\quad CH_3 \end{array}$$

____

d)
$$\begin{array}{l} \quad\;\; CH_3 \qquad\qquad\quad CH_3 \\ \quad\;\;\;\, | \qquad\qquad\qquad\;\; | \\ CH_3-C-O-CH_2-C-CH_3 \\ \quad\;\;\;\, | \qquad\qquad\qquad\;\; | \\ \quad\;\; CH_3 \qquad\qquad\quad CH_3 \end{array}$$

____

e)
$$\begin{array}{l} \qquad\qquad CH_3 \\ \qquad\qquad\;\; | \\ \qquad\qquad CH-CH_3 \\ \qquad\qquad\;\; | \\ \qquad\qquad CH-CH_3 \\ \qquad\qquad\;\; | \\ CH_3-CH-CH-O-CH_2-CH_3 \\ \qquad\;\;\, | \\ \qquad CH_2 \\ \qquad\;\;\, | \\ \qquad CH_3 \end{array}$$

____

f)
$$\begin{array}{l} \qquad\qquad\qquad\qquad\; CH_3 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\;\;\; | \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\; CH_2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\;\;\; | \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\; CH_2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\;\;\; | \\ \qquad\qquad\quad\;\; CH_3-C-CH_3 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\;\;\; | \\ CH_3-CH_2-CH-CH-O-CH_2-CH_3 \\ \qquad\qquad\quad\;\; | \\ \qquad\qquad\;\; CH_2 \\ \qquad\qquad\quad\;\; | \\ \qquad\qquad\;\; CH_3 \end{array}$$

____



g)
```
                        CH3
                        |
                        CH — CH3
                        |
CH3 — CH2 — CH — O — CH — CH2 — CH — CH3
            |                   |
            CH3                 CH3
```

____

h)
```
                      CH3
                      |
                      CH2
                      |
              CH3     CH — CH3
              |       |
CH3 — CH2 — C — CH — O — CH3
              |
              CH3
```

____

5.Escribe las fórmulas estructurales de los compuestos que se mencionan a continuación:

a) 1-metoxipropano

b) 1-isopropoxi-2, 2-dimetilbutano

c) 2-ter-butoxi-3-etil-3-metilpentano

d) 4-ter-butil-6-etil-4-etoxioctano

e) 1-sec-butoxi-3-etilpentano

f) 2, 2-dimetil-1-metoxipropano

g) 2-isopropoxibutano

h) 2, 3-dimetil-2-propoxibutano

i) 2-etoxipentano

j) 3-etoxi-2-metilhexano



6. Escribe las estructuras de los siguientes compuestos y corrige sus nombres, si es nece sario.

a) etoximetano

b) isobutoxi-5-pentano

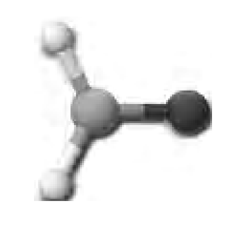
c) 1-isopropoxipropano

d) 2-neopentoxi-2-metilpropano

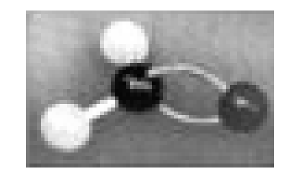
e) isoproxi-2-metil-3-pentano

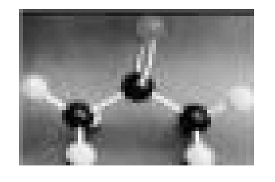
f) 4-metoxi-5-propil-metil-3,heptano

ALDEHÍDOS Y CETONAS







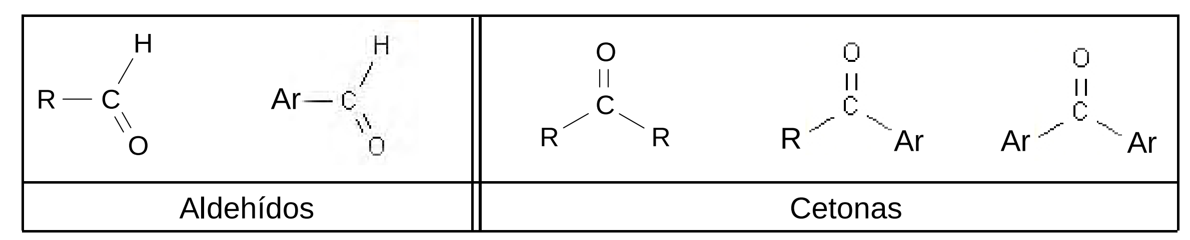


O
||
C
H H

O
||
C
CH_3 CH_3

Los aldehídos y cetonas son compuestos que contienen el grupo carbonilo: >C= O

La fórmula general de los aldehídos y cetonas es:



Los aldehídos y cetonas se diferencian entre sí porque en los aldehídos, el grupo carbonilo va unido a un átomo de hidrógeno y a un grupo alquilo o arilo y, en las cetonas, el grupo carbonilo va unido a: **a**) dos grupos alquilo, **b**) un grupo alquilo y un grupo arilo, **c**) a dos grupos arilos. En esta sección abordaremos sólo los aldehídos y cetonas alifáticos saturados.

En una expresión lineal el grupo funcional de los aldehídos, frecuentemente se escribe como -**CHO** o -**CH=O** y se conoce como grupo formilo, por ejemplo:

Los aldehídos son compuestos orgánicos que se obtienen de la oxidación de alcoholes primarios y las cetonas de alcoholes secundarios.

H — CH = O

CH_3−CH=O

O
||
C
H H

O
||
C
CH_3 H

H−CHO

CH_3−CHO

Nomenclatura de aldehídos y cetonas

Aldehídos (Nomenclatura IUPAC)

En el sistema IUPAC los nombres de los aldehídos alifáticos, se derivan del nombre del alcano con el mismo número de carbonos, cambiando la terminación -**o** del alcano por el sufijo -**al**. Puesto que el grupo carbonilo en estos compuestos siempre se encuentra en uno de los extremos de la cadena, no es necesario indicar su posición con un número, se sobreentiende que es el carbono 1, y como grupo sufijo determina la dirección en la que se numera la cadena.

$CH_2=O$ **Metanal**

$CH_3-CH=O$ **Etanal**

$CH_3-CH_2-CH=O$ **Propanal**

$CH_3-CH_2-CH_2-CH=O$ **Butanal**

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=O$ ____________________

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH=O$ ____________________

En los aldehídos arborescentes, los grupos alquílicos se nombran siguiendo el orden alfabético. Ejemplos:

$CH_3-CH(CH_3)-CH=O$ **2-metil propanal**

$CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH=O$ **2,3-dimetil butanal**

Actividad:
Da nombre IUPAC a los siguientes aldehídos.

a) $CH_3-CH_2-C(CH_3)_2-CH=O$ ____________________

b) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-CH=O$ ____________________

c) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_2-CH_3)-CH(CH_3)-CH=O$ ____________________

d) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_2-CH=O$ ____________________



Aldehídos (nomenclatura común)

Los nombres comunes se siguen utilizando ampliamente para los aldehídos más sencillos. Éstos se derivan de los nombres comunes de los ácidos carboxílicos, en los cuales se sustituye la terminación **-ico** del nombre del ácido, por la palabra **aldehído**. Así, por ejemplo, el nombre del ácido **fórmico** se convierte en **formaldehído**.

Tabla 7

Nombres comunes y estructuras de algunos aldehídos y ácidos carboxílicos

Aldehído	Estructura	Ácido	Estructura
Formaldehído	$H-C(=O)-H$	Ácido fórmico	$H-C(=O)-O-H$
Acetaldehído	$CH_3-CH=O$	Ácido acético	$CH_3-C(=O)-OH$
Propionaldehído	$CH_3-CH_2-CH=O$	Ácido propiónico	$CH_3-CH_2-C(=O)-OH$
Butiraldehído	$CH_3-CH_2-CH_2-CH=O$	Ácido butírico	$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$
Valeraldehído	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=O$	Ácido valérico	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

Cetonas (nomenclatura IUPAC)

El nombre IUPAC de una cetona, se deriva del nombre del alcano que corresponde a la cadena de carbonos más larga del compuesto, siempre y cuando contenga al grupo carbonilo, Para ello, se cambia la terminación (**o**) del alcano, por el sufijo (**ona**). Si la cadena carbonada tiene más de 4 carbonos, ésta se numera por el extremo donde el grupo carbonilo obtenga el número más bajo posible. Los sustituyentes se nombran en la forma acostumbrada (por orden alfabético). Por ejemplo:

$CH_3-C(=O)-CH_3$

propanona

$CH_3-CH_2-C(=O)-CH_3$

butanona

$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-CH_3$

2-pentanona

O
C
CH_3 CH_2
CH
CH_3
CH_3

4-metil-2-pentanona

O
C
CH_3 CH
CH_3
CH_3

3-metil-2-butanona

O
C
CH CH_2
CH_3 CH_3
CH_3

2-metil-3-pentanona

Cetonas (nomenclatura común)

Las cetonas más sencillas reciben nombres comunes. Éstas se nombran como sigue:

1. Se mencionan los grupos alquilo unidos al grupo carbonilo. Si ambos grupos son iguales, se utiliza el prefijo **di**-.
2. Se añade la palabra cetona.

Los siguientes ejemplos ilustran éste sistema:

a) O / C / CH_3 CH_3 — dimetilcetona, más conocida por su nombre común: **acetona**

b) O / C / CH_2 CH_2 / CH_3 CH_3 — dietilcetona

c) O / C / CH_2 CH_3 / CH_3 — etilmetilcetona

d) O / C / CH CH_2 / CH_3 CH_3 / CH_3 — etilisopropilcetona

e) O / C / CH_3 CH_2 / CH / CH_3 / CH_3 — isobutilmetilcetona



Aplicaciones de los aldehídos y cetonas

Los aldehídos y las cetonas se encuentran entre los compuestos de mayor importancia, tanto en la naturaleza como en la industria química.

El **metanal** (formaldehído) es un gas venenoso e irritante, muy soluble en agua, tiene tendencia a polimerizarse; esto es, las moléculas individuales se unen entre sí para formar un compuesto de elevada masa molecular. En esta acción se desprende mucho calor y a menudo es explosiva, de modo que el metanal por lo general se prepara y almacena en disolución acuosa (para reducir la concentración).



Formol

A la disolución acuosa de **metanal** (formaldehído) al 40% se le conoce como **formol o formalina**, ésta se utiliza por su poder germicida y conservador de tejidos, para embalsamar y preservar piezas anatómicas; se utiliza además, en la fabricación de espejos y como materia prima en la industria de los polímeros.

La caseína de la leche tratada con formol produce una masa plastificante que en antaño fue utilizada en la fabricación de botones para la ropa.

Existe preocupación con respecto al uso del **formaldehído** en sustancias de uso doméstico, ya que se sospecha que puede ser un **cancerígeno** en potencia.

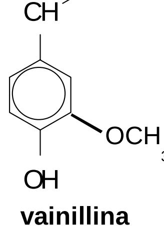
El **etanal** (acetaldehído) es un líquido volátil de olor irritante, tiene una acción anestésica general y en grandes dosis puede causar parálisis respiratoria. El **etanal** se forma en el proceso de fermentación, cuando el alcohol se pone en contacto con el aire, transformando el etanol en etanal y si esta oxidación prosigue se puede formar ácido acético. El etanal ayuda a la fijación del color en el vino.

También se usa como intermediario en la manufactura de otras sustancias químicas tales como ácido acético, anhídrido acético y acetato de etilo.



Canelo

Los aldehídos suelen tener olor fuerte. La vainillina tiene el grupo funcional de los aldehídos, lo que le da el olor agradable a la vainilla:



vainillina

El cinamaldehído produce el olor característico de la canela:

$O=CH-CH=CH-C_6H_5$

Cinamaldehído

Por otra parte, el olor desagradable de la mantequilla rancia se debe a la presencia del aldehído butírico:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH=O$$

aldehído butírico

El benzaldehído se encuentra en la semilla de las almendras amargas. Se usa como solvente de aceites, resinas y de varios ésteres y éteres celulósicos. Pero éste producto también es ingrediente en los saborizantes de la industria alimenticia, y en la fabricación de perfumes.

$C_6H_5-CH=O$

Benzaldehído



Muchas cetonas tienen propiedades útiles como disolventes, por ejemplo, la butanona, al igual que la propanona, se utilizan ampliamente como removedoras de pinturas. En particular, la acetona es el disolvente utilizado en el quitaesmalte para uñas.

La acetona se forma en pequeñas cantidades en el organismo humano, sobre todo en la enfermedad denominada diabetes, debido a la oxidación incompleta de los carbohidratos.



Fig. 2.5 El aroma de las flores consiste principalmente en una mezcla de aldehídos y cetonas.



Fig. 2.6 La acetona

Ejercicios de autoevaluación de aldehídos y cetonas

1. Anota el nombre correspondiente a cada uno de los siguientes compuestos, utilizando el sistema IUPAC:

a) $CH_2{=}O$

____

b) $CH_3-CH_2-CH{=}O$

____

c) $CH_3-CH_2-CH_2-CH{=}O$

____

d) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH{=}O$

____

e) $CH_3-CH(CH_2-CH_3)-CH(CH_3)-CH{=}O$

____

f) $CH_3-C(=O)-CH_3$

____

g)

CH_3
|
$CH - CH_3$
|
$CH_3 - C - CH$
| $\quad$ //
CH_3 $\quad$ O

____

h)

CH_3
|
$CH - CH_3$
|
$CH_3 - CH_2 - CH - CH - CH$
| $\quad$ //
CH_3 $\quad$ O

____

i)

O
\\
CH $\quad$ CH_3
| $\quad$ |
$CH_3 - C - CH_2 - CH - CH_2 - CH_3$
|
CH_2
|
CH_3

____

J)

O
//
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - C$
\
CH_3

____

k)

O
||
C
CH_2 $\quad$ CH_2
CH_3 $\quad$ CH_3

____

l)

O
||
C
CH_2 $\quad$ CH_2
CH_2 $\quad$ CH_2
CH_3 $\quad$ CH_3

____

m)

O $\quad$ CH_3
|| $\quad$ /
C
CH $\quad$ CH
CH_3 $\quad$ CH_3 $\quad$ CH_2
CH_3

____

n)

CH_3
\
CH_2 $\quad$ O
CH_3 $\quad$ \ $\quad$ ||
\ $\quad$ CH $\quad$ C $\quad$ CH_3
C
CH_3 $\quad$ CH_3

____

2. Escribe las estructuras de los siguientes aldehídos y cetonas.

a) etanal

____

b) pentanal

____

c) heptanal

____

d) 2-metilpropanal

____

e) 2,2-dimetilbutanal

____

f) 3-etil-2,3-dimetilhexanal

____

g) 2-pentanona

h) 4-nonanona

i) 3-hexanona

j) 3-metil-2-butanona

k) 3,3-dimetil-2-pentanona

l) 3-isopropil-4-metil-2-heptanona

m) 6-ter-butil-3-etil-7-metil-5-nonanona

n) 4-etil-5-metil-3-hexanona

o) metanal

p) acetona

q) 2-butanona

r) isobutil neopentil cetona

s) 3-etil-3,4-dimetilpentanal

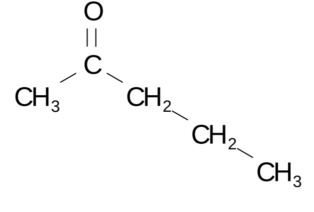
t) etil propil cetona

u) butanal

v) 2,2,4-trimetil-3-pentanona

3. Escribe los nombres comunes de las siguientes cetonas:

a)



b)

O
C
CH_3 CH_2 CH_2 CH_3

c)

O
C
CH_3 C CH_3 CH_3 CH_2 CH_2 CH_3

d) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$

____

e) $CH_3-C(=O)-CH_3$

____

f) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)-CH_3$

____

g) $CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-CH_3$

____

h) $CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-CH(CH_3)-CH_3$

____

i) $CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-CH_2-CH_3$

____



Ácidos Carboxílicos



Los ácidos carboxílicos son compuestos que se caracterizan por la presencia del grupo **carboxilo**, el cual se puede representar en las siguientes formas:

O
||
—C—OH **—COOH** **—CO_2H**

Los ácidos carboxílicos pueden ser:

alifáticos	aromáticos
R—C(=O)—O—H	Ar—C(=O)—O—H
CH_3—C(=O)—OH	C_6H_5—C(=O)—OH

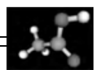
En este libro, sólo abordaremos los ácidos carboxílicos alifáticos saturados, de fórmula general **R-COOH** o **C_nH_{2n+1}COOH,** donde **R**, puede ser cualquier grupo alquílico y **n** el número de carbonos que posee este grupo.

Nomenclatura IUPAC de ácidos carboxílicos

Los ácidos carboxílicos forman una serie homóloga. El grupo carboxilo está siempre en uno de los extremos de la cadena y el átomo de carbono de este grupo se considera el número **1** al nombrar un compuesto.

Para nombrar un ácido carboxílico por el sistema IUPAC, se atienden las siguientes reglas:

1. Se identifica la cadena más larga que incluya el grupo carboxilo. El nombre del ácido se deriva del nombre del alcano correspondiente, cambiando la terminación (**o**) del alcano por la terminación (**oico**).
2. Se numera la cadena principal, iniciando con el carbono del grupo carboxilo, éste se señala con el número 1.



3. Se nombran los grupos sustituyentes en orden alfabético antes del nombre principal y anteponiendo la palabra ácido.

Así, los nombres correspondientes para los siguientes ácidos, son:

ácido metanoico **ácido etanoico** **ácido propanoico**

ácido butanoico **ácido pentanoico** **ácido 2-metilpropanoico**

ácido 2,2-dimetilbutanoico **ácido 4-metilpentanoico**



Nomenclatura común

El sistema IUPAC no es el más utilizado para nombrar a los ácidos orgánicos. Éstos usualmente son conocidos por sus nombres comunes. Los ácidos metanoico, etanoico y propanoico, son denominados como ácido fórmico, acético y propiónico, respectivamente. Estos nombres tienen su origen en la fuente natural del ácido o en el olor que presentan, por ejemplo:

Nombres comunes de los diez primeros ácidos carboxílicos

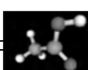
No.de carbonos	Estructura	Nombre común	Derivación del nombre	Nombre IUPAC
1	HCOOH	Ácido fórmico	Hormigas (latín, fórmica)	Ácido metanoico
2	CH_3-COOH	Ácido acético	Vinagre (latín, acetum, amargo)	Ácido etanoico
3	CH_3-CH_2-COOH	Ácido propiónico	Leche, mantequilla, y queso (griego protos=primero pion= grasa)	Ácido propanoico
4	CH_3-$(CH_2)_2$-COOH	Ácido butírico	Mantequilla (latín, butyrum)	Ácido butanoico
5	CH_3-$(CH_2)_3$-COOH	Ácido valérico	Raíz de la valeriana (latín valere, ser fuerte)	Ácido pentanoico
6	CH_3-$(CH_2)_4$-COOH	Ácido capróico	Cabra (latín, caper)	Ácido hexanoico
7	CH_3-$(CH_2)_5$-COOH	Ácido enántico	Flores de enredadera (griego, aenanthe)	Ácido heptanoico
8	CH_3-$(CH_2)_6$-COOH	Ácido caprílico	Cabra (latín, caper)	Ácido octanoico
9	CH_3-$(CH_2)_7$-COOH	Ácido pelargónico	Su éster se encuentra en pelargonum roseum, un geranio	Ácido nonanoico
10	CH_3-$(CH_2)_8$-COOH	Ácido cáprico	Cabra (latín, caper)	Ácido decanoico

Aplicaciones de los ácidos carboxílicos

Los ácidos carboxílicos abundan en la naturaleza y se encuentran, tanto en el reino animal como vegetal. Las proteínas, compuestos orgánicos más comunes en las células vivas están constituidas por aminoácidos. Cada uno de éstos contiene un grupo **amino** y un grupo **carboxilo**.

R — CH — C(=O)—OH, con NH_2 sobre el CH

Fórmula generalizada para un aminoácido





El ácido fórmico es el irritante activo en las picaduras de hormiga y de abeja. Para neutralizar este ácido utilizamos carbonato ácido de sodio (bicarbonato de sodio).

El bicarbonato neutraliza el ácido y evita que la zona dañada se inflame y se convierta en algo muy doloroso.



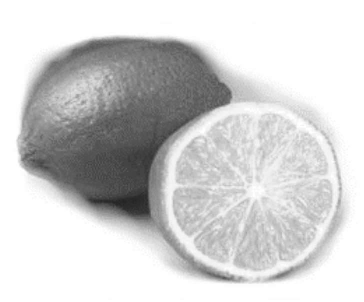
El ácido acético se encuentra en el vinagre (disolución acuosa de ácido acético al 4%) y en el vino agrio. El **vinagre** se utiliza como medio de conservación y condimento para sazonar la comida y poner en escabeche verduras y hongos comestibles.

Algunos compuestos derivados del **ácido acético** se emplean en la agricultura como herbicidas (para luchar contra las malas hierbas, del latín **herba**, hierba y **caedere**, matar); uno de ellos es el herbicida 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) que tiene la siguiente estructura:

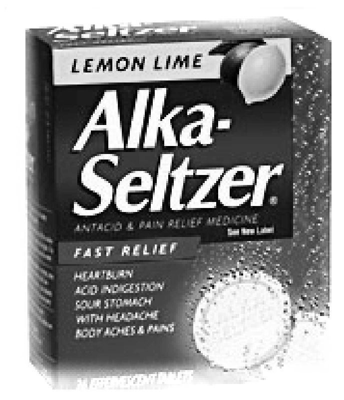
El **ácido benzoico** se utiliza como conservador, en algunos refrescos. El **ácido butírico** se encuentra en la mantequilla rancia y los **ácidos caproico, caprílico y cáprico** son los responsables del olor característico de las cabras.

ácido cítrico

El **ácido cítrico** presente en los frutos cítricos como la naranja, el limón y la toronja, es una importante sustancia química que se usa en la industria alimentaria. La adición de ácido cítrico a bebidas y jugos de fruta les dota de un sabor agrio, que a menudo imita el sabor de la fruta cuyo nombre lleva la bebida. El medio ácido también previene del crecimiento de bacterias y hongos.



En la industria farmacéutica, el **ácido acetilsalicílico**, que es un sólido, se usa en las tabletas efervescentes como el Alka-Seltzer.



ácido acetilsalicílico

Ejercicios de autoevaluación

1. Utiliza la nomenclatura IUPAC para dar nombre a los siguientes compuestos.

a) $CH_3 - C(=O) - OH$

____

b) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - C(=O) - OH$

____

c) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - C(=O) - OH$

____

d) $HO - C(=O) - C(CH_3)(CH_3) - CH_3$

____

e) $CH_3 - CH(CH_3) - CH(CH_2 - CH_3) - CH_2 - C(=O) - OH$

____

f) $CH_3 - C(CH_3)(C(=O)OH) - CH_2 - CH(CH_3) - CH_2 - CH_3$

____

g) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - C(CH_3)(CH_2 - CH_3) - C(=O) - OH$

____

h) $CH_3 - CH(CH_3) - CH(CH_2 - CH_3) - CH - C(CH_3)(CH_3) - CH_2 - C(=O) - OH$

____

2. Escribe la estructura de los siguientes compuestos:

a) ácido propanoico

____

b) ácido pentanoico

____

c) ácido metanoico

____

d) ácido octanoico

____

e) ácido 2,3-dimetilbutanoico

____

f) ácido 3,3-dimetilpentanoico

____

g) ácido 2,3,3-trimetilbutanoico

h) ácido 4-etil-3-isopropil-5-metiloctanoico

i) ácido 4,4-dietil-3-metilhexanoico

3. Escribe los nombres comunes para los siguientes ácidos carboxílicos:

a) $CH_3-C(=O)-OH$

b) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$

c) $CH_3-CH_2-C(=O)-OH$

d) $H-O-C(=O)-H$

4. El ácido málico se encuentra en frutas y verduras, pero principalmente en las manzanas, por ese motivo, se le conoce como «ácido de las manzanas. Investiga cuál es su estructura y nombre IUPAC.

5. El ácido tartárico también se encuentra en algunas plantas y principalmente en el zumo de la uva. Investiga cuál es su estructura y nombre IUPAC.

6. ¿Cuál de los siguientes nombres corresponde al siguiente compuesto? (   )

```
              CH3
               |
              CH2   O
               |   //
CH3 — CH — C — C
       |       |   \
      CH3    CH2    OH
               |
              CH3
```

a) Ácido 2-etil-2-isopropil butanoico
b) Ácido 2,2-dietil-3-metil butanoico
c) Ácido 3,3-dietil-2-metil butanoico

7. ¿Cuál de los siguientes nombres corresponde al siguiente compuesto? (   )

```
                CH3
                 |
                CH2   O
                 |   //
CH3 — CH — CH — C
       |           \
      CH3           OH
```

a) Ácido 2-etil-3-metil butanoico
b) Ácido 2-isopropil butanoico
c) Ácido 3-etil-2-metil butanoico

8. Utiliza las reglas de la IUPAC para dar nombre a los siguientes ácidos carboxílicos.

a)

```
       CH3                   O
        |                   //
CH3 — CH — CH — CH2 — C
             |              \
      CH3 — CH               OH
             |
            CH3
```

____

b)

```
       CH3
        |
       CH2                              O
        |                              //
CH3 — CH — CH2 — CH — CH2 — C
                  |                    \
                 CH2                    OH
                  |
                 CH3
```

____

c)

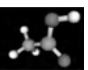
```
                               CH3
                                |
                               CH2                O
                                |                //
CH3 — CH2 — CH2 — CH — CH — CH2 — C
                   |                 \
            CH3 — C — CH3            OH
                   |
                  CH3
```

____

d)

```
                         O    OH
       CH3                 \\ /
        |                    C
        |                    |
CH3 — C — CH2 — CH — CH — CH3
        |              |
       CH3            CH2
                       |
                      CH3
```

____



9. Escriba la fórmula estructural de cada uno de los siguientes ácidos carboxílicos.

a) Acido 4-sec-butil-3-etil-6-metilheptanoico

b) Acido 5-isopropil-6-metilheptanoico

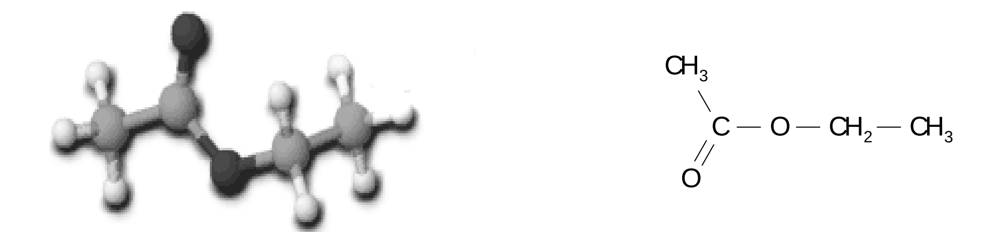
c) Acido 4-ter-butil-3,5-dietil-2,6-dimetilheptanoico

d) Acido 3-ter-butil-2-etil-6-isopropil-7-metiloctanoico

e) Acido 2-etil-6-isopropil-7-metiloctanoico



ÉSTERES



Etanoato de etilo

Los ésteres son compuestos derivados de los ácidos carboxílicos, en los cuales, el grupo oxhidrilo (-**OH**) del ácido carboxílico, es sustituido por un grupo alcoxi (**-OR**) de un alcohol.

Reacción de esterificación:

$R-C(=O)-OH$ + $H-O-$**R'** $\qquad$ $R-C(=O)-O-$**R'** + $H-O-H$

ácido carboxílico $\qquad$ alcohol $\qquad$ éster $\qquad$ agua

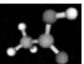
Un éster presenta la siguiente fórmula tipo: **R - CO - O - R'**

R - C(=O) - O - R' o $R-C(=O)-O-$**R'**

Nomenclatura de ésteres (IUPAC)

Para nombrar un éster, es necesario reconocer la parte de la molécula que viene del ácido y la parte que viene del alcohol. En la fórmula tipo, el grupo **acilo**, **R-CO-** viene del ácido y el grupo alcoxi, **R-O-** viene del alcohol.





Grupo acilo ⟶ $R-C(=O)$ ⟶ del ácido

Grupo alcoxi ⟶ $O-R'$ ⟶ del alcohol

Los nombres sistemáticos de los ésteres se obtienen de la siguiente manera:

1. La primera palabra del nombre del éster, procede de la raíz del nombre sistemático del ácido al cual se le sustituye la terminación **-ico** por **–ato** y se elimina la palabra ácido.

2. La segunda palabra procede del nombre del grupo alquilo unido al oxígeno.

Estas reglas se aplican también en la nomenclatura común.

COMPUESTO	**IUPAC**	**COMÚN**
$O=CH-O-CH_3$	metanoato de metilo	formiato de metilo
$CH_3-C(=O)-O-CH_2-CH_3$	etanoato de etilo	acetato de etilo
$CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-O-CH_3$	2 - metil propanoato de metilo	isobutirato de metilo
$O=CH-O-CH_2-CH_3$	metanoato de etilo.	formiato de etilo
$CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH_3$	propanoato de metilo	propionato de metilo

Ejercicios de autoevaluación de ésteres

1. Escribe el nombre IUPAC para cada uno de los siguientes compuestos.

a) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-O-C(=O)-CH_2-CH_3$

b) $(CH_3)_2CH-C(=O)-O-CH_2-CH_3$

2. Escribe la fórmula estructural de los siguientes compuestos.

a) Propanoato de etilo

b) 3 - metilpentanoato de isopropilo

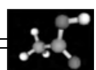
Aplicaciones de los ésteres

Los ésteres presentan olores muy agradables y algunos se utilizan en perfumería. Los olores de muchas frutas y flores se deben a la presencia de ésteres volátiles en ellas. Sin embargo, los ésteres de masa molecular elevada presentan olores desagradables.

Los saborizantes y odorizantes artificiales que se utilizan en perfumería, dulces, chicles y vinos, son mezclas de ésteres selectos que se eligen para imitar lo más fielmente posible el sabor y el aroma de las frutas naturales.



Fig. 2.6 Los ésteres son los responsables del olor y el sabor de las frutas.



Actividad: Escribe la fórmula estructural de cada compuesto

Éster	Fórmula	Olor
formiato de etilo		ron
etanoato de pentilo		plátano
acetato de octilo		naranja
butanoato de etilo		piña
butirato de butilo		piña
etanoato de bencilo		jazmín
butirato de bencilo		rosas
propionato de isobutilo		ron
etanoato de isopentilo		peras
pentanoato de isopentilo		manzana

Un éster muy importante y que no falta en el botiquín de cada familia, es el que se forma por la reacción del ácido salicílico con el ácido acético. El producto obtenido es el **ácido acetil salicílico**, comúnmente conocido como **aspirina,** mismo que se utiliza como analgésico, es decir, para eliminar dolores en el cuerpo y especialmente dolores de cabeza. (Ver fórmula en compuestos aromáticos).

El aceite de menta o salicilato de metilo tiene olor y sabor a menta. Se utiliza como saborizante en dulces y chicles; también se emplea en ungüentos para la piel, ya que actúa reduciendo el dolor, ya que produce calor que alivia los músculos adoloridos o inflamados, por ejemplo, el Iodex.

Ejercicios de autoevaluación de ésteres

1. Identifica los ácidos y alcoholes que dan origen a los siguientes ésteres y da nombre a cada uno de ellos.

a) $CH_3-C(=O)-O-CH_3$

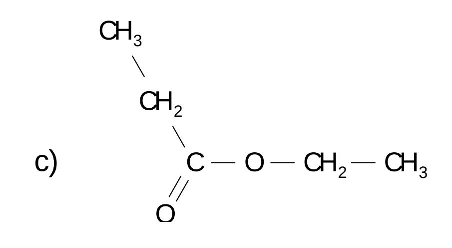
b) $HC(=O)-O-CH_2-CH_3$

________________________ ________________________

________________________ ________________________



c)



d) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-C(=O)-O-CH_3$

______________________________ ______________________________

______________________________ ______________________________

e) $CH_3-CH(CH_3)-O-C(=O)-CH(CH_3)-CH_3$

____

____

2. Anota el nombre IUPAC y común que le corresponde a cada radical carboxilato:

a) $[H-C(=O)-O]^-$

IUPAC: ______________________________

COMÚN: ______________________________

b) $[CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-O]^-$

IUPAC: ______________________________

COMÚN: ______________________________

c) $[CH_3-C(=O)-O]^-$

IUPAC: ______________________________

COMÚN: ______________________________

d) $[CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-O]^-$

IUPAC: ______________________________

COMÚN: ______________________________

e) $[CH_3-CH_2-C(=O)-O]^-$

IUPAC: ______________________________

COMÚN: ______________________________

f) $[CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-C(=O)-O]^-$

IUPAC: ______________________________

COMÚN: ______________________________

g) $[CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-O]^-$

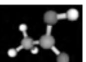
IUPAC: ______________________________

COMÚN: ______________________________

h) $[\mathbf{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-O}]^-$

IUPAC: ______________________________

COMÚN: ______________________________



i) $\left[CH_3-C(CH_3)_2-C(=O)O\right]^-$

IUPAC: ______________________

COMÚN: ______________________

j) $\left[CH_3-CH_2-CH(CH_2CH_3)-CH_2-C(=O)O\right]^-$

IUPAC: ______________________

COMÚN: ______________________

3. Utilizando el sistema IUPAC, da nombre a los siguientes ésteres.

a) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-O-C(=O)-CH_2-CH_3$

____

b) $CH_3-C(CH_3)_2-C(=O)-O-CH_3$

____

c) $CH_3-CH(CH_2CH_3)-C(CH_3)_2-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$

____

d) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$

____

e) $CH_3-CH_2-CH_2-O-C(=O)-CH_2-CH_3$

____

f) $CH_3-CH(CH_3)-O-C(=O)-CH(CH_3)-CH_3$

____

g) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH_3$

____

h) $CH_3-CH(CH_3)-O-C(=O)-C(CH_3)_2-CH_3$

____

4. Escribe la fórmula estructural de los siguientes compuestos.

a) Etanoato de propilo

b) Butanoato de etilo

c) 2,2-dimetilbutanoato de butilo

d) Butanoato de isobutilo

e) 3-etil-2-metil pentanoato de etilo

5. ¿Qué aplicación tienen los ésteres en la vida cotidiana?

____

____

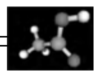
____

6. ¿Consideras que puede haber diferencias entre los ésteres presentes de manera natural en frutas y flores, con respecto a los obtenidos sintéticamente en el laboratorio?
Sí_____; No_____Explica por qué:

____

____

____





AMIDAS



Las amidas son compuestos derivados de los ácidos carboxílicos en los cuales el grupo oxhidrilo (**-OH**) de un ácido carboxílico, es sustituido por un grupo amino (**$-NH_2$**). El nitrógeno del grupo amino puede estar enlazado a dos, a uno o ningún grupo alquilo. Por tanto, su fórmula tipo puede ser: R**$-CO-NH_2$**; R**-CO-NHR** o R**$-CO-NR_2$.**

Estructuras de amidas:

$R-C(=O)-NH_2$ $R-C(=O)-NH-R$ $R-C(=O)-NR_2$

En las amidas, el átomo de carbono del grupo carbonilo está enlazado directamente a un átomo de nitrógeno de un grupo.

Nomenclatura de amidas

Al igual que otros compuestos, las amidas se nombran utilizando los dos sistemas de nomenclatura. En el caso nuestro priorizaremos la nomenclatura IUPAC.

Las **amidas** toman su nombre al cambiar la terminación **ico** del nombre común del ácido carboxílico por el de **amida**. Cuando se emplea el sistema IUPAC, la terminación **oico** del ácido se cambia por el de **amida** y, en ambos casos, se elimina la palabra ácido, así:

El ácido metanoico, se convierte en metanamida:

$H-C(=O)-O-H \longrightarrow CH(=O)-NH_2$

El ácido etanoico se convierte en etanamida

$$CH_3-C(=O)-OH \longrightarrow CH_3-C(=O)-NH_2$$

El ácido propanoico se convierte en propanamida

$$CH_3-CH_2-C(=O)-OH \longrightarrow CH_3-CH_2-C(=O)-NH_2$$

El grupo funcional amida tiene prioridad para ser nombrado como sufijo con respecto a los demás grupos sustituyentes, por tanto, el carbono 1 será el del grupo carbonilo del grupo amida.

Ejemplo:

$$\overset{4}{CH_3}-\overset{3}{CH_2}-\overset{2}{CH}(CH_3)-\overset{1}{C}(=O)-NH_2$$

2-metil butanamida

Autoevaluación:

Escribe el nombre IUPAC para cada uno de los siguientes compuestos:

a) $CH_3-CH_2-C(=O)-NH_2$

____

b) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-C(=O)-NH_2$

____

c) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)-NH_2$

____

d) $CH_3-CH_2-CH(CH_2-CH_3)-CH_2-C(=O)-NH_2$

____

Cuando el nitrógeno del grupo amida está sustituido (ya sea como **-NHR** o **-NR$_2$**), el compuesto se nombra indicando primero los grupos sustituyentes precedidos por la letra **N**, para indicar que están unidos directamente al nitrógeno y después se cita el nombre base. Por ejemplo:

a)

$$\begin{array}{c} O \\ \| \\ CH_3 - C - NH - CH_3 \end{array}$$

N-metil etanamida

b)

$$CH_3 - CH_2 - C(=O) - N(CH_2 - CH_3) - CH_2 - CH_3$$

N,N-dietilpropanamida

c)

$$\overset{4}{CH_3} - \overset{3}{CH}(CH_3) - \overset{2}{CH_2} - \overset{1}{C}(=O) - N(CH_3) - CH_3$$

N,N,3-trimetil butanamida

d)

$$CH_3 - CH_2 - C(=O) - N(CH_2 - CH_3) - CH_3$$

N-etil-**N**-metil propanamida

Autoevaluación de amidas

1. Escribe la estructura correspondiente a los siguientes nombres:

a) **N**,3-dietil hexanamida ____________________

b) **N,N**-dimetil metanamida ____________________

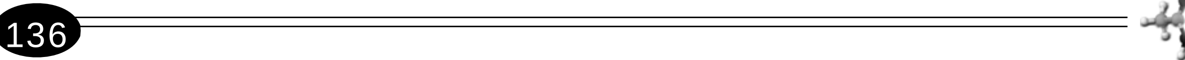
c) **N**-isopropil etanamida ____________________

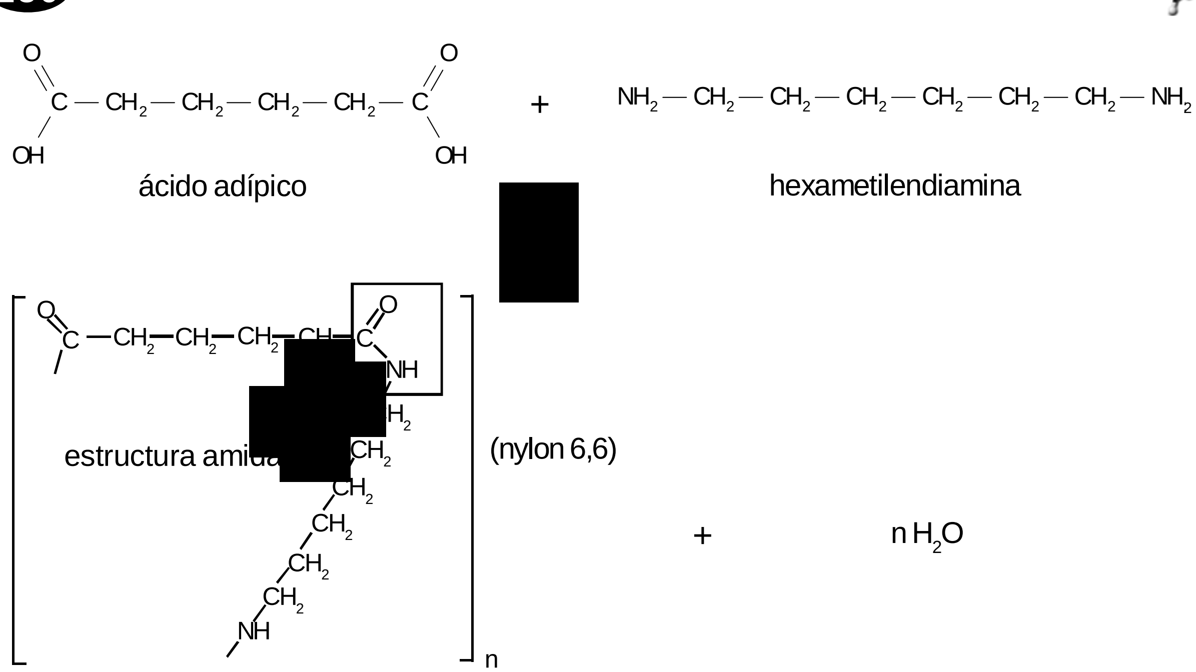
Aplicaciones de la amidas

La estructura amida se presenta en numerosas sustancias incluyendo proteínas y algunos polímeros sintéticos, tales como el nylon.



El nylon fue preparado por primera vez, el 28 de febrero de 1935 por el químico Wallace Carothers, en los laboratorios de la compañía Dupont calentando diamidas con diácidos. Por ejemplo, el nylon 6,6 se elabora por reacción a 280 °C de ácido adípico con hexametilendiamina, ambos reactivos con seis átomos de carbono:





El nylon 6, es muy similar en estructura al nylon 6,6 y se produce por polimerización de la caprolactama. Primero se agrega agua para hidrolizar la caprolactama y así formar el ácido 6-aminohexanoico que por calentamiento intenso provoca la deshidratación y posterior polimerización.

Los diferentes tipos de nylon se utilizan en la elaboración de fibras. La combinación de alta resistencia al impacto y a la abrasión hace de este material un excelente sustituto de metales en engranes y cojinetes. Como fibra, el nylon tiene una amplia variedad de aplicaciones que van desde la producción de ropa, medias femeninas y cuerdas para neumáticos, hasta la de cuerdas de perlón para alpinismo, barcos y paracaídas.

Caprolactana $\xrightarrow{H_2O}$ $HO-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$

Ácido 6-aminohexanoico

[redacted]

$[-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH-]_n$ + n H_2O

La amida más conocida en estos 36 años, ha sido quizá la dietilamida del ácido lisérgico, o **LSD**, droga alucinógena utilizada en los años 70's.

En 1969 esta droga suscitó una polémica, cuando los **Beatles**, específicamente **John Lenon,** escribió una canción llamada «**L**ucy in the **S**ky with **D**iamonds» (Lucy en el cielo con diamantes), cuyas iniciales en inglés son las mismas del ácido lisérgico (**LSD**), y por lo cual fueron acusados de drogadictos y pervertidores de la juventud.

$CON(CH_2CH_3)_2$ — NCH_3 — HN

Ácido lisérgico

LSD

De las pocas amidas encontradas en la naturaleza, la más sencilla es la **urea**, misma que tiene gran aplicación en la agricultura.

$NH_2-C(=O)-NH_2$ **urea**

La **sacarina** es una amida sintética que fue utilizada como el primer edulcorante no calórico, de 300 a 500 veces más dulce que la sacarosa., esto llevó a su utilización en pacientes diabéticos o en las dietas para adelgazar. Se ha encontrado que en dosis altas, la sacarina puede producir cáncer por lo que actualmente empieza a ser desplazada por otras sustancias edulcorantes.

sacarina

Los edulcorantes no calóricos que se utilizan actualmente son: El **Aspartamo**, que es 200 veces más dulce que la sacarosa, el cual consiste en dos aminoácidos enlazados, lo que hace pensar que no tiene efectos nocivos para la salud. El Aspartamo se vende comercialmente como **Canderel** y **Nutra Sweet.**

Otro edulcorante es el **Acelsufamo K (acelsufamo potásico)**, que se vende con el nombre comercial de **Sunnette.**

Aspartamo

Acesulfamo

Acesulfamo Potàsico

Autoevaluación de amidas

1. Escribe el nombre IUPAC a cada amida

a) $CH_3-C(=O)-NH_2$

b) $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-NH_2$

c) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-C(=O)-NH_2$

d) $CH_3-CH(C(CH_3)_3)-CH_2-C(=O)-NH_2$

e) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-NH_2$

f) $CH_3-C(CH_3)_2-C(=O)-NH_2$

g) $CH_3-CH_2-CH_2-CH(CH(CH_3)-CH_3)-CH_2-C(CH_3)(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_2-C(=O)-NH_2$



h) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)-NH_2$

i) $CH_3-CH_2-CH(-CH_2-CH_3)-CH_2-C(=O)-NH_2$

j) $CH_3-CH_2-CH_2-CH(-CH_3)-C(=O)-NH_2$

k) $CH_3-CH_2-CH_2-CH(-CH_3)-CH_2-CH(-CH_3)-C(=O)-NH_2$

2. Proporciona las estructuras de los siguientes compuestos.

a) 2-metilpropanamida

b) 3-etil-2,4-dimetilpentanamida

c) 2-etilbutanamida

d) etanamida

e) 3-isopropilhexanamida

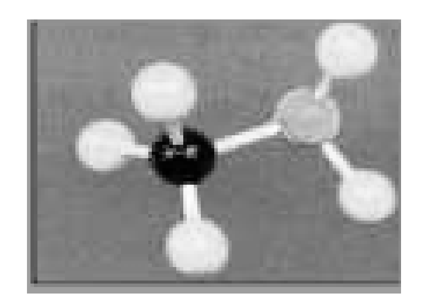
f) 2,2-dimetilbutanamida

g) 3-ter-butil-4-etil-6-metilheptanamida





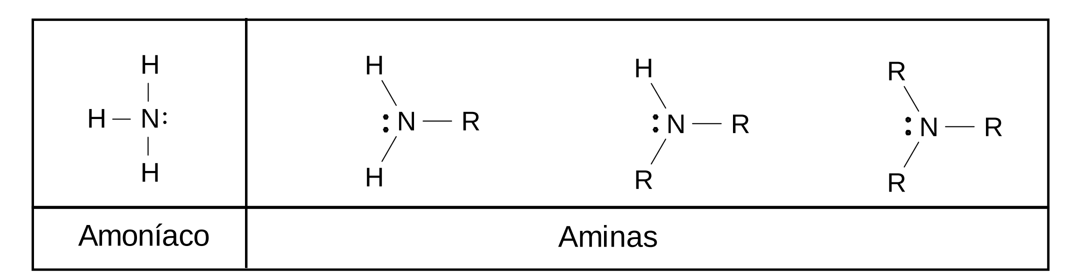
AMINAS



$CH_3 - NH_2$

Las **aminas** son compuestos que poseen uno o más grupos alquílos o arilos unidos a un átomo de nitrógeno.

Son consideradas como derivados orgánicos del amoniaco al sustituir parcial o totalmente sus hidrógenos por grupos alquílicos. Dependiendo del número de grupos alquilo o arilo unidos al nitrógeno, las **aminas** se clasifican en **primarias, secundarias y terciarias**[5]



H–N(H)(H):	H(H)N:–R	H(R)N:–R	R(R)N:–R
Amoníaco	Aminas		

Aminas primarias

Se caracterizan por tener el grupo amino (**$-NH_2$**) unido a un grupo alquílico (**R**); su fórmula tipo es:

$R- NH_2$

$CH_3 - NH_2$ $CH_3 - CH_2 - NH_2$ $CH_3 - CH_2 - CH_2 - NH_2$ $CH_3 - CH(CH_3) - NH_2$ $C_6H_5 - NH_2$

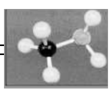
Aminas secundarias

Se caracterizan por tener el grupo imino (**-NH-**) unido a dos grupos alquilicos (**R**); su fórmula tipo es:

R- NH- R´

$CH_3 - NH - CH_3$ $CH_3 - CH_2 - NH - CH_3$ $CH_3 - CH_2 - NH - CH_2 - CH_3$

[5] Estos adjetivos, no se refieren a la naturaleza de los grupos sustituyentes, sino al grado de sustitución en el nitrógeno.



Aminas terciarias

Se caracterizan por tener un átomo de nitrógeno (—N—, con un enlace hacia arriba) unido a tres grupos alquílicos (**R**); su fórmula tipo es:

$$R-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{N}}-R$$

$$CH_3-N(CH_3)-CH_2-CH_3 \qquad CH_3-N(CH_3)-CH_3 \qquad CH_3-CH_2-N(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_3$$

Nomenclatura de aminas

Al igual que la mayoría de los compuestos orgánicos, las aminas son nombradas utilizando el sistema IUPAC y común.

Nomenclatura común

Las aminas sencillas se designan por sus nombres comunes. Éstas se forman agregando el sufijo **-amina** al nombre o nombres de los sustituyentes alquílicos. Estos nombres se escriben en una sola palabra.

CH_3-NH_2
metilamina

$CH_3-CH_2-NH_2$
etilamina

$CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$
propilamina

$CH_3-CH(CH_3)-NH_2$
isopropilamina

$CH_3-C(CH_3)_2-NH_2$
ter-butilamina

$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-NH_2$
sec-butilamina

$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-NH_2$
isobutilamina

$CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-NH_2$
neopentilamina

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$
butilamina

$CH_3-NH-CH_3$
dimetilamina

$CH_3-NH-CH_2-CH_3$
etilmetilamina

$CH_3-CH_2-NH-CH_2-CH_3$
dietilamina

$CH_3-CH_2-N(CH_3)-CH_2-CH_3$

dietilmetilamina

$CH_3-CH_2-N(CH_2-CH_3)-CH_2-CH_3$

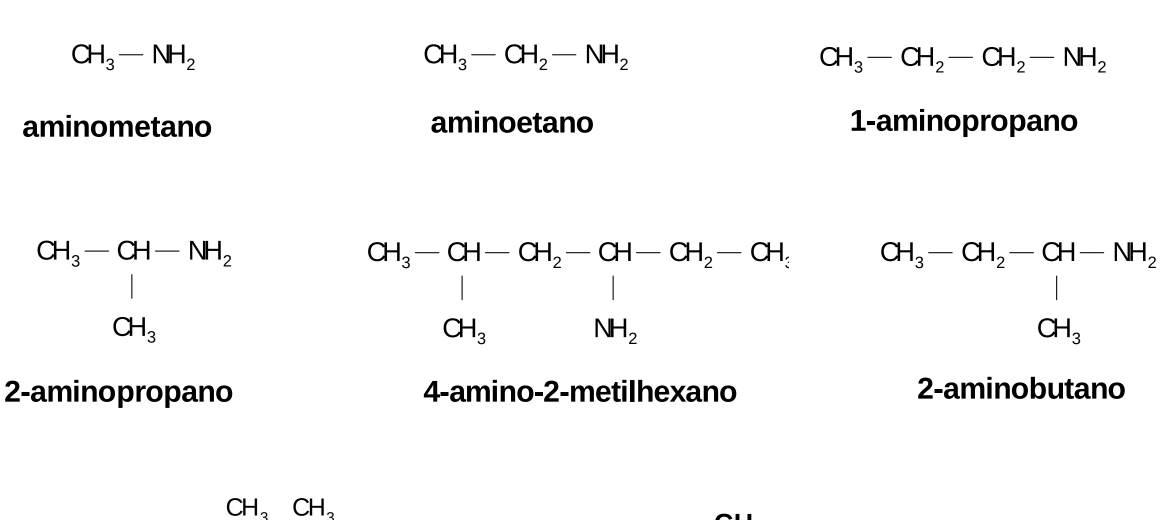
trietilamina

$CH_3-CH_2-N(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3$

etilmetilpropilamina

Nomenclatura IUPAC

Las **aminas primarias** se nombran según la IUPAC, como derivados de un hidrocarburo base (cadena principal) y considerando al grupo **amino** (**NH_2)** como un sustituyente.



$CH_3-CH(NH_2)-CH(CH_3)-CH(CH_2CH_3)-CH(CH_2CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$

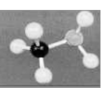
2-amino-4,5-dietil-3,6-dimetil heptano

$CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$

1-amino-5,5-dimetilhexano

$CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_2CH_3)-CH_2-CH(NH_2)-CH_2-CH_3$

5-amino-3-etil-2-metil heptano



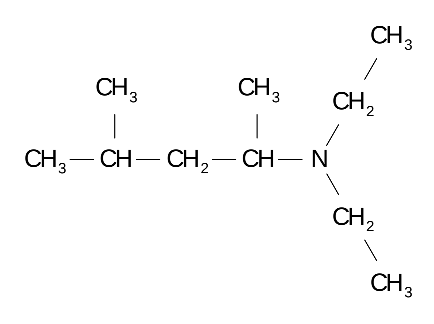
Las aminas secundarias y terciarias se nombran anteponiendo un prefijo compuesto que contiene los nombres de los grupos alquílicos unidos al nitrógeno, (excepto el más largo) junto con la palabra amino y finalmente el nombre del hidrocarburo base (cadena principal).

```
             CH3
            /
CH3 — CH2 — N
            \
             CH3
```

dimetilaminoetano

```
                   CH3
                  /
CH3 — CH2 — CH2 — N
                  \
                   CH3
```

1-(dimetilamino) propano



2-(dietilamino)-4-metilpentano

```
                   CH3
                  /
CH3 — CH2 — CH — N
            |     \
           CH3     CH2
                     \
                      CH3
```

2-(etilmetilamino)butano

```
CH3 — CH2 — CH — CH2 — CH2 — NH
            |                  \
           CH3                  CH3
```

1-(metilamino)-3-metilpentano

```
                              CH3
                             /
                          CH2
                         /
CH3 — CH2 — CH — CH2 — N
            |           \
           CH3           CH2
                           \
                            CH3
```

1-(dietilamino)-2-metilbutano

```
                  CH3
                  |
                  CH — CH3   CH3
                  |          |
CH3 — CH2 — CH — CH — CH2 — C — NH
            |                |    \
            CH2              CH3   CH3
            |
            CH3
```

2-(metilamino)-5-etil-4-isopropil-2-metilheptano

Aplicaciones de la aminas

En realidad, los compuestos de mayor interés farmacéutico son las aminas, algunas son de estructura sencilla y otras más complejas. Estos compuestos tienen aplicación en medicina, como descongestionantes nasales, analgésicos, anestésicos, antihistamínicos, etc. Entre estos fármacos se encuentran la morfina, codeína, quinina, cafeína, benzocaína, xilocaína, nicotina, cocaína, anfetaminas, etc. Muchos de estos productos, se extraen de plantas, por ejemplo, los alcaloides.

Las aminas tienen un olor desagradable semejante al de la carne en descomposición. Cuando las proteínas animales se descomponen, se forman aminas que generan el olor de la materia animal en putrefacción.

$NH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$

Putrescina
1,4-diaminobutano

$NH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$

Cadaverina
1,5-diaminopentano

La dimetilamina y la trimetilamina se encuentran en los tejidos animales y son, en parte, la causa del olor característico de muchos peces.

$CH_3-NH-CH_3$

Dimetilamina

$(CH_3)_3N$

Trimetilamina

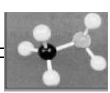
Las alquilaminas sencillas como la metilamina, etilamina y dimetilamina se utilizan como materias primas para elaborar insecticidas y compuestos farmacéuticos. Por ejemplo, la metilamina se utiliza para la obtención del insecticida «*sevín*» que es extraordinariamente tóxico para una gran variedad de insectos, pero es menos tóxico para los mamíferos y puede usarse en productos agrícolas hasta 3 días antes de la recolección. A diferencia de muchos insecticidas, no contiene ni halógenos, ni fósforo causantes de problemas de salud.

Por otra parte, algunas aminas alifáticas como la etilamina, isobutilamina, isopentilamina se sintetizan en las células animales y estimulan el sistema nervioso central.

Cuando en respuesta a las células lesionadas, el organismo produce mayores niveles de histamina, provoca que los vasos sanguíneos se dilaten y aumente la permeabilidad de las células afectadas. Como consecuencia de esto, se observa un enrojecimiento e inflamación en el área. Para bloquear el efecto de la histamina, se administran antihistamínicos como la difenilhidramina, epinefrina (**adrenalina**), norepinefrina **(noradrenalina)**, bencedrina (**anfetamina**). Estos medicamentos logran que los capilares de la membrana mucosa de las vías respiratorias se contraigan, por ello se utilizan para reducir la congestión nasal provocada por catarros, fiebre y asma.

epinefrina **(adrenalina)**

norepinefrina **(noradrenalina)**



Ejercicios de autoevaluación de aminas

I. Subraya la respuesta correcta.

1. Son aquellos compuestos orgánicos que provienen de sustituir uno o más hidrógenos de la molécula del amoníaco por grupos alquilo o arilo:
   a) alcano
   b) éter
   c) cetona
   d) aminas

2. Son aminas que se caracterizan por tener el grupo funcional amino o amígeno unido a un grupo alquilo (R).
   a) primaria
   b) secundaria
   c) terciaria

3. La fórmula tipo de las aminas primarias es:

   a) **R-NH$_2$** b) **R-NH-R´** c) **R — N — R** con **R** unido al N

4. La representación del grupo funcional imino o imigeno es:

   a) — **NH$_2$** b) — **N** — con un enlace hacia abajo c) — **NH** —

5. La fórmula tipo para las aminas secundarias es:

   a) **R-NH$_2$** b) **R-NH-R´** c) **R — N — R** con **R** unido al N

6. Amina que se caracteriza por tener el grupo funcional imino o imígeno unido a dos grupos alquilo (R).
   a) primaria
   b) secundaria
   c) terciaria
   d) cuaternaria

7. La fórmula tipo para las aminas terciarias es:

   a) **R-NH$_2$** b) **R-NH-R´** c) **R — N — R** con R unido al N



8. Amina que se caracteriza por tener el átomo de nitrógeno unido a tres grupos alquilo (R):

a) primaria
b) secundaria
c) terciaria

II. Relaciona ambas columnas, escribiendo en el paréntesis de la izquierda la letra que complete la respuesta correcta.

CH_3
|
( ) $CH_3 — CH — CH_2 — NH_2$

CH_3
|
( ) $CH_3 — C — NH_2$
|
CH_3

( ) $CH_3 — CH_2 — NH_2$

( ) $CH_3 — CH — NH_2$
|
CH_3

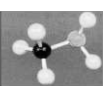
NH_2
|
( ) $CH_3 — CH_2 — CH — CH_3$

( ) $CH_3 — CH_2 — CH_2 — NH_2$

( ) $CH_3 — NH_2$

( ) $CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_2 — NH_2$

a) etil amina
b) butil amina
c) sec-butilamina
d) isopropilamina
e) isobutilamina
f) metilamina
g) propilamina
h) ter-butilamina



III. Relaciona ambas columnas, escribiendo en el paréntesis de la izquierda la letra que complete la respuesta correcta.

( ) trietilamina

( ) dietilamina

( ) etilmetilamina

( ) dietilmetilamina

( ) dimetilamina

a) $CH_3 — CH_2 — NH — CH_3$

b) $CH_3 — NH — CH_3$

c) $CH_3 — CH_2 — NH — CH_2 — CH_3$

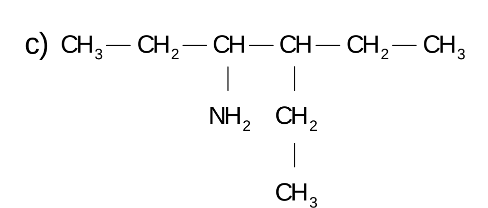
d) $CH_3 — CH_2 — N(— CH_2 — CH_3)— CH_3$

e) $CH_3 — CH_2 — N(— CH_2 — CH_3)— CH_2 — CH_3$

IV. Utilizando las reglas IUPAC da nombre a las siguientes aminas.

a) $CH_3 — CH(NH_2) — CH_2 — CH(CH_2 — CH_3) — CH_2 — CH(CH_3) — CH_3$ ______________________________

b) $CH_3 — CH(CH_2 — CH_3) — CH_2 — CH_2 — CH(NH_2) — CH(CH_2 — CH_3) — CH_3$ ______________________________

c) 

____

d) $CH_3-CH_2-CH-CH_2-CH-CH_3$ ______________________

$\quad\quad\quad\quad | \quad\quad\quad\quad |$

$\quad\quad\quad CH_2 \quad\quad\quad NH_2$

$\quad\quad\quad |$

$\quad\quad\quad CH_3$

e)

$\quad\quad CH_3$

$\quad\quad |$

$CH_3-C-CH-CH_2-CH_3$ ______________________

$\quad\quad | \quad\quad |$

$\quad\quad CH_3 \quad NH_2$

f) $CH_3-CH-CH_2-NH$ ______________________

$\quad\quad | \quad\quad\quad\quad\quad \backslash$

$\quad\quad CH_3 \quad\quad\quad\quad CH_3$

g)

$\quad\quad\quad\quad\quad CH_3$

$\quad\quad\quad\quad\quad |$

$\quad\quad\quad\quad\quad CH_2$

$CH_3 \quad\quad\quad\quad |$

$\quad \backslash$

$\quad N-CH-CH-CH_2-CH_3$ ______________________

$\quad /\quad\quad |$

$CH_3 \quad\quad CH_3$

h)

CH_3

$\quad \backslash$

$\quad N-CH_2-CH_3$ ______________________

$\quad /$

CH_3

i)

$\quad\quad\quad CH_3$

$\quad\quad\quad /$

CH_3-N ______________________

$\quad\quad\quad \backslash$

$\quad\quad\quad CH_3$

j)

$\quad\quad\quad CH_3$

$\quad\quad\quad |$

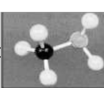
$NH-CH-CH_2-CH_3$ ______________________

$/$

CH

$/ \quad \backslash$

$CH_3 \quad CH_3$



k)

```
        CH3
        |
CH3 —  C  — NH
        |       \
        CH3      CH2
                    \
                     CH3
```

____

l)

```
                           CH3
                          /
CH3 — CH — CH2 — N
       |                  \
       CH3                 CH2
                              \
                               CH3
```

____

m)

```
                                CH3
                               /
                            CH
                           /    \
                                 CH3
CH3 — CH2 — CH — NH
              |
              CH3
```

____

n)

$CH_3 — CH_2 — CH_2 — NH_2$

____

o)

```
        CH3
        |
CH3 —  C  — NH2
        |
        CH3
```

____

p)

```
CH3
   \
    CH2
       \
        N — CH — CH2 — CH — CH3
       /     |           |
    CH2      CH3         CH3
   /
CH3
```

____

V. Escribe la fórmula estructural de las siguientes aminas

a) 3–(dimetilamino) –4–etilhexano

b) 1–(etilamino)–3–metilpentano

c) 3–(etilmetilamino)pentano

d) 2–(dimetil amino)–4-metil–pentano

e) 2–(etil propil amino)–4–metil hexano

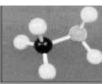
f) 2–(dietil amino)butano

g) 2–(dimetilamino)propano

h) 2–amino–3,4–dietil–5–metilhexano

i) 4–amino–3–etil–2–metilheptano

j) 2–(metilamino) –4–isopropil–2–metilheptano





Reacciones Químicas Orgánicas





REACCIONES QUÍMICAS ORGÁNICAS

Los aspectos principales en el estudio de la **Química Orgánica** son: la estructura, el nombre y las reacciones de los compuestos del carbono.

Las unidades anteriores sirvieron para iniciarnos en el estudio de las características del carbono, la nomenclatura y la clasificación estructural de sus compuestos.

En esta tercera unidad estudiaremos los tipos de reacciones químicas orgánicas y cómo ocurren.

Las reacciones químicas orgánicas son los procesos por los cuales los seres vivos (microorganismos, plantas y animales) realizan las transformaciones de los millones de compuestos químicos que son indispensables para su supervivencia y reproducción. Así mismo, el hombre aprovecha las diferentes reacciones químicas en los laboratorios y en las grandes industrias para sintetizar miles de compuestos orgánicos de gran utilidad, como: medicamentos, pigmentos, plásticos, pegamentos, alimentos, etcétera.

¿CÓMO OCURREN LAS REACCIONES QUÍMICAS ORGÁNICAS?

A la descripción de cómo sucede una reacción específica se denomina **mecanismo de reacción**. Un **mecanismo** describe con detalle qué ocurre exactamente en cada paso de una transformación química (reacción), es decir, qué enlaces se rompen y forman, y en qué orden; así como la velocidad relativa de cada paso. Un mecanismo completo debe dar cuenta de los reactivos empleados y de los productos formados, así mismo de sus cantidades y de las condiciones en que se lleva a cabo la reacción (temperatura, presión, catalizador, etcétera).

Todas las reacciones químicas implican ruptura y formación de enlaces. Básicamente existen dos formas en que se puede romper un enlace covalente:

a) Ruptura homolítica

b) Ruptura heterolítica

Formación de enlaces

Un enlace covalente simple entre dos átomos, se forma por la compartición de dos electrones. Para formar esta covalencia cada átomo debe aportar un electrón, por ejemplo: La molécula de hidrógeno (H_2) está formada por la unión de dos átomos de hidrógeno donde cada uno de los átomos de hidrógeno aporta un electrón para el enlace covalente.

H. + .H ⟶ H : H

Una molécula de bromo (Br_2) está formada por la unión de dos átomos de bromo y cada átomo de bromo aporta un electrón para el enlace covalente simple.

:Br. + .Br: ⟶ :Br:Br:

La unión entre dos átomos de carbono la podemos considerar en igual forma:

$$\cdot\dot{\underset{\cdot}{C}}\cdot + \cdot\dot{\underset{\cdot}{C}}\cdot \longrightarrow \cdot\dot{\underset{\cdot}{C}} : \dot{\underset{\cdot}{C}}\cdot$$

Ruptura homolítica (homólisis)

En una ruptura homolítica, cada uno de los fragmentos conserva un electrón del enlace:

$$A : B \longrightarrow A\,. + .\,B$$

Este proceso de ruptura permite formar dos partículas muy activas y neutras (sin carga eléctrica) a los cuales se les denominan **radicales libres**.

Un **radical libre** es un átomo o grupo atómico que contiene un número impar de electrones de valencia o un electrón sin aparear en uno de sus orbitales. Los radicales libres son tan activos que rápidamente se unen a otros radicales formando nuevos compuestos. Tales procesos implican la ruptura simétrica y formación constante de enlaces, se denominan **reacciones por radicales**.

$$\underset{\text{radical libre}}{A.} + \underset{\text{radical libre}}{.B} \longrightarrow A{:}B$$

Cabe precisar que las rupturas homolíticas, generalmente se efectúan en fase gaseosa o en presencia de solventes no polares. Normalmente son catalizadas por la acción de la luz, el calor o por la adición de otros radicales libres.

Ejemplo:

Si en una molécula como el metano, se rompe simétricamente el enlace que une al átomo de carbono con uno de los hidrógenos, la ruptura se efectúa de la siguiente manera:

$$H:\overset{\overset{H}{:}}{\underset{\underset{H}{:}}{C}}:H \longrightarrow H:\overset{\overset{H}{:}}{\underset{\underset{H}{:}}{C}}\cdot + \cdot H$$

$$\longrightarrow$$

Para el etano, la ruptura se presenta de la siguiente manera:

$$H:\overset{\overset{H}{:}}{\underset{\underset{H}{:}}{C}}:\overset{\overset{H}{:}}{\underset{\underset{H}{:}}{C}}:H \longrightarrow H:\overset{\overset{H}{:}}{\underset{\underset{H}{:}}{C}}\cdot + \cdot\overset{\overset{H}{:}}{\underset{\underset{H}{:}}{C}}:H$$



Ruptura heterolítica

En una ruptura heterolítica, uno de los dos fragmentos conserva los dos electrones del enlace, en tanto que el otro queda desprovisto de ellos, formándose así dos iones, uno con carga negativa y el otro con carga positiva, respectivamente.

$$\mathbf{A:B} \longrightarrow \mathbf{A:}^{-} + \mathbf{B}^{+}$$

Ejemplo:

Si en una molécula como el etano, se rompe asimétricamente el enlace que une a los átomos de carbono, la ruptura se efectúa de la siguiente manera:

```
   H  H                 H                H
   ºº ºº                ºº         +     ºº
H :C : C :H   ──────►  H :C :  -    +    C :H
   ºº ºº                ºº               ºº
   H  H                 H                H
```

Al carbono que posee carga negativa se le denomina **ion carbanio o carbanión.**

Al carbono que posee carga positiva se le denomina **ion carbonio o carbocatión.**

Al carbono que no tiene carga y posee un electrón desapareado se le conoce como **radical libre.**

H ºº H :C + ºº H	H ºº H :C : - ºº H	H ºº H :C • ºº H
ion carbonio	**ion carbanio**	**radical libre**

Los procesos que implican ruptura y formación de enlaces de modo asimétrico se denominan **reacciones polares**.

Cabe precisar que las rupturas heterolíticas se llevan a cabo preferentemente en fases líquidas y en presencia de disolventes polares de ácidos y bases.

Un **nucleófilo,** es un ion negativo (CH_3-, Cl-) o una molécula con pares de electrones libres (NH_3, H_2O) que toma parte en una reacción orgánica y que tiene **afinidad por núcleos deficientes en electrones**, ya que tiene sitios ricos en electrones y puede formar enlaces donando un par de éstos a un sitio pobre o deficiente.

Un **electrófilo,** es un ion positivo (H^+, CH_3^+) o una molécula deficiente en electrones ($AlCl_3$, BF_3) que forma parte en una reacción química y que tiene **afinidad por los electrones de un nucleófilo** ya que tiene sitios deficientes de electrones, por tanto, forma un enlace aceptando un par de éstos.

Nomenclatura de iones carbonio

Los iones carbonio toman su nombre del grupo alquilo correspondiente, añadiendo al final la palabra carbonio. Por ejemplo:

CH_3^+ **ion metilcarbonio**

$CH_3-CH_2^+$ **ion etilcarbonio**

$CH_3-CH_2-CH_2^+$ **ion propilcarbonio**

$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{H}{C^+}}$ **ion isopropilcarbonio**

$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C^+}}$ **ion ter-butilcarbonio**

La estabilidad de los iones carbonio

La estabilidad relativa de estas especies es: un ion carbonio terciario es más estable que uno secundario, y un ion carbonio secundario es más estable que uno primario.

$R-CH_2^+$	$R-\overset{R}{\underset{H}{C^+}}$	$R-\overset{R}{\underset{R}{C^+}}$
ion carbonio terciario	ion carbonio secundario	ion carbonio primario

Los iones carbonio, los carbaniones y los radicales libres no son estables, pero son las especies intermedias que se producen durante el transcurso de las reacciones.

Ejercicios de autoevaluación de homólisis y heterólisis

1. Investiga cuáles son los factores que se requieren para que se lleven a cabo las rupturas homolítica (**homólisis**) y heterolítica (**heterólisis**).

Características de la ruptura homolítica	Características de la ruptura heterolítica
______________________	______________________
______________________	______________________
______________________	______________________

2. Identifica el tipo de ruptura (homolítica o heterolítica) que se ha realizado en cada una de las siguientes reacciones:

a) $CH_3-CH_2-CH_3 \xrightarrow{UV} CH_3-\dot{C}H(CH_3) + H\bullet$ ______________________

b) $CH_3-CH=C(CH_3)-CH_3 \xrightarrow{H^+} CH_3-\overset{+}{C}(CH_3)-CH_2-CH_3$ ______________________

c) $CH_2=CH_2 \xrightarrow{Pt} \dot{C}H_2-\dot{C}H_2$ ______________________

d) $Br-Br \xrightarrow{CCl_4} :\ddot{Br}:^{-} + Br^{+}$ ______________________

e) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{\Delta} CH_3\bullet + \bullet CH_2-CH_2-CH_3$ ______________________

f) $CH_3-CH=CH_2 + Cl_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_3-CH(Cl)-CH_2-Cl$ ______________________

g) $CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ ______________________

h) □ $+ Cl_2 \xrightarrow{\Delta} HCl +$ $Cl-CH-CH_2$ (ciclo con CH_2-CH_2) ______________________

3. Ordena los siguientes carbocationes (iones carbonio) de menor a mayor estabilidad, numerándolos del 1 al 4.

a) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2^{+}$ ______________________ b) CH_3^{+} ______________________

c) $CH_3-CH(CH_3)-C^{+}(CH_3)_2$ ______________________ d) $CH_3-CH^{+}-CH_3$ ______________________

4. En el siguiente enlistado de partículas iónicas o moleculares, indica cuáles se esperaría que se comportaran como electrofílicas o nucleofílicas:

a) Cl^{-} ______________ b) $H_2\ddot{O}:$ ______________ c) BF_3 ______________

d) Na^{+} ______________ e) $H\ddot{O}:^{-}$ ______________ f) Br^{+} ______________

g) $\ddot{N}H_3$ ______________ h) H^{+} ______________ i) $AlCl_3$ ______________

Tipos de reacciones químicas orgánicas

Las reacciones químicas orgánicas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

Reacciones orgánicas
1. Adición o síntesis
2. Sustitución
3. Eliminación
4. Oxidación
5. Reducción o hidrogenación
6. Reacción de transposición

1. Reacciones importantes de adición

Este tipo de reacciones se presentan cuando dos moléculas se combinan para dar lugar a una sola. El proceso puede generalizarse como sigue:

Estos dos reactivos **A + B** ⟶ **C** se unen para formar este producto único

La adición ocurre con frecuencia en aquellas moléculas que poseen un enlace doble o triple y en ocasiones un anillo de tamaño pequeño. Estas reacciones pueden ser electrofílicas, nucleofílicas o por radicales libres, según su proceso sea iniciado por un electrófilo, nucleófilo o un radical.

Por ejemplo, las reacciones de adición a un doble enlace aislado, son electrofílicas o por radicales libres; en cambio, en los grupos carbonilos de los aldehídos y cetonas, son nucleofílicas. Algunos ejemplos de las **reacciones** más importantes de **adición**, son:

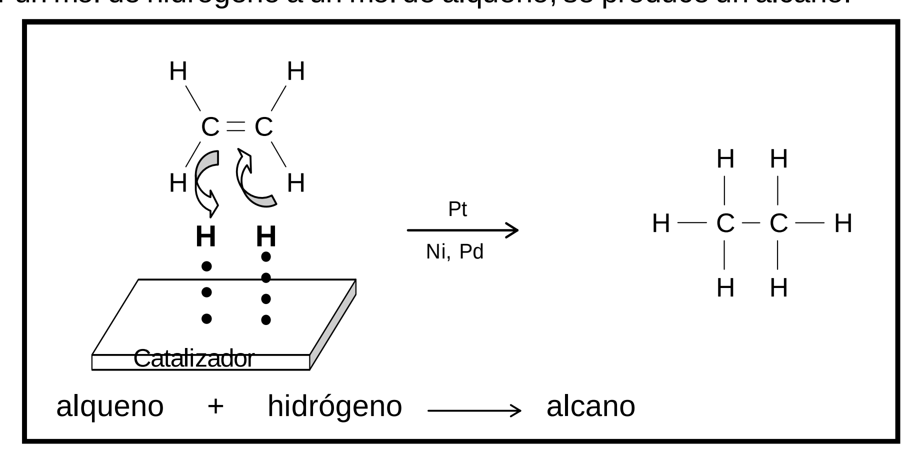
1.1 Hidrogenación catalítica (síntesis de alcanos y alquenos)

La adición catalítica de hidrógeno gaseoso a un alqueno o a un alquino es también una reacción de reducción, pues la cantidad de hidrógeno se incrementa.

Estas hidrogenaciones se realizan en presencia de un catalizador que puede ser platino, paladio o níquel, en forma de polvo. En este tipo de reacciones se llevan a cabo rupturas homolíticas en los enlaces **B** (pi), dando lugar a enlaces **F** (sigma):

Reacción general de adición de hidrógeno a un alqueno

Al adicionar un mol de hidrógeno a un mol de alqueno, se produce un alcano.



Al adicionar un mol de hidrógeno a un mol de alquino, se produce un alqueno.

Cuando se adicionan dos moles de hidrógeno a un alquino, se produce un alcano.

$$-C \equiv C- \; + \; 2\,H_2 \xrightarrow[Pd,Ni]{Pt} -\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-\underset{H}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-$$

Observa los siguientes ejemplos específicos:

$$CH_3-CH=CH_2 \; + \; H_2 \xrightarrow[Pd,Ni]{Pt} CH_3-CH_2-CH_3$$

$$CH_3-CH_2-C \equiv CH \; + \; H_2 \xrightarrow[Pd,Ni]{Pt} CH_3-CH_2-CH=CH_2$$

$$CH_3-CH_2-C \equiv CH \; + \; 2\,H_2 \xrightarrow[Pd,Ni]{Pt} CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$$

Ejercicios de autoevaluación de hidrogenaciones catalíticas (reacciones de adición).

1. Completa cada una de las ecuaciones, anotando los reactivos o productos. Escribe el nombre a reactivos y productos utilizando la nomenclatura IUPAC.

a) $CH_3-CH(CH_3)-CH=CH_2 \; + \; H_2 \xrightarrow[Pd,Ni]{Pt}$ ______________________________

b) ________________ $+ \; H_2 \xrightarrow[Pd,Ni]{Pt} CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-CH_2-CH_3$

c) $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_3$ + H_2 $\xrightarrow[Pd,Ni]{Pt}$ ______________________

d) $(CH_3)_2C=C(CH_3)_2$ + H_2 $\xrightarrow[Pd,Ni]{Pt}$ ______________________

e) ______________ + H_2 $\xrightarrow[Pd,Ni]{Pt}$ $CH_3-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$

f) $CH_3-C\equiv C-CH_3$ + H_2 $\xrightarrow[Pd,Ni]{Pt}$ ____________ + H_2 $\xrightarrow[Pd,Ni]{Pt}$ ____________

g) $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH$ + $2\ H_2$ $\xrightarrow[Pd,Ni]{Pt}$ ______________________



1.2 Adición de halógenos a alquenos y alquinos (síntesis de derivados dihalogenados y tetrahalogenados en carbonos vecinos.

De la misma forma que los ácidos, el cloro y el bromo se adicionan también a los dobles y triples enlaces carbono-carbono.

Una prueba común de laboratorio, para detectar la presencia de un doble o un triple enlace en un compuesto de estructura desconocida, es el tratamiento de dicho compuesto con una solución diluida de bromo en CCl_4.

El reactivo tiene el color café rojizo del Br_2; la desaparición de este color es una prueba positiva. La decoloración de una solución de Br_2/CCl_4 por un compuesto desconocido es una prueba sugestiva, pero no definitiva, de la presencia de un doble o un triple enlace. Algunos otros tipos de compuestos tales como aldehídos, cetonas y fenoles, también decoloran las soluciones de Br_2/CCl_4.

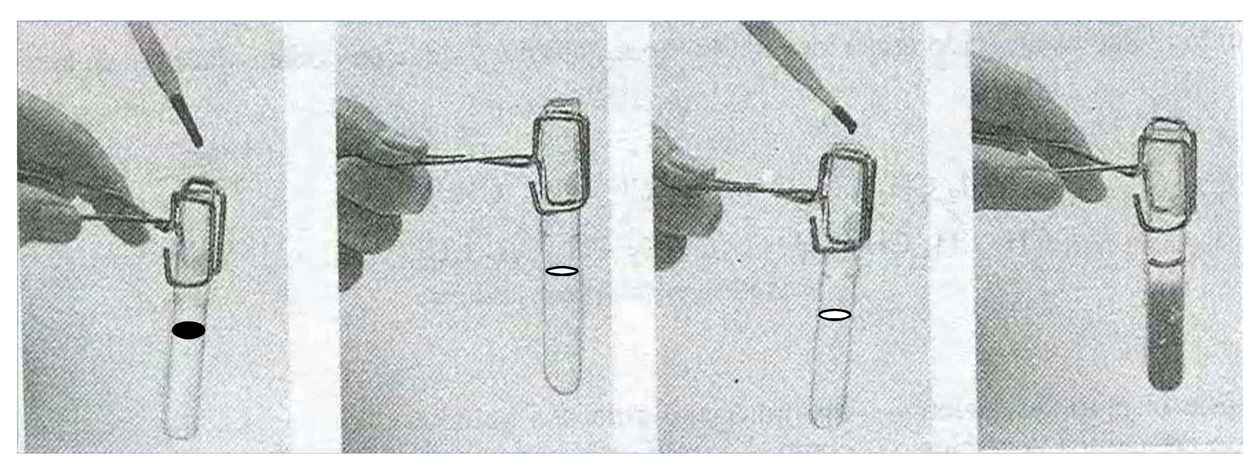


Fig. 3.1. Al agregar bromo al alqueno en el primer tubo desaparece de inmediato el color rojizo, ya que los átomos de bromo se adicionan al doble enlace. En el segundo tubo el color rojizo permanece porque el bromo reacciona muy lentamente con el alcano.

Ecuación general para la adición de un halógeno a un alqueno:

$$R-CH=CH_2 + X-X \xrightarrow{CCl_4} R-\underset{X}{\underset{|}{C}}H-\underset{X}{\underset{|}{C}}H_2$$

R= alquilo o H **X**= Cl o Br

Ejemplo:

$$\underset{CH_3}{CH}=\underset{CH_3}{CH} + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_3-\underset{Br}{CH}-\overset{Br}{CH}-CH_3$$

2-buteno 2,3-dibromo butano

Ecuación general para la adición de un halógeno a un alquino:

$$R-C\equiv CH + X-X \xrightarrow{CCl_4} R-\underset{X}{\underset{|}{C}}=\underset{X}{\underset{|}{CH}} + X-X \xrightarrow{CCl_4} R-\overset{X}{\overset{|}{\underset{X}{\underset{|}{C}}}}-\overset{X}{\overset{|}{\underset{X}{\underset{|}{CH}}}}$$

R= alquilo o H **X**= Cl o Br

Ejemplo:

$$CH_3-C\equiv C-CH_3 + 2\,Br_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_3-\overset{Br}{\overset{|}{\underset{Br}{\underset{|}{C}}}}-\overset{Br}{\overset{|}{\underset{Br}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$$

2-butino **2,2,3,3-tetrabromobutano**

Ni el $\mathbf{F_2}$ ni el $\mathbf{I_2}$ son reactivos útiles en las reacciones de adición de los alquenos, ya que el flúor reacciona violentamente con los compuestos orgánicos; y el yodo se adiciona al doble enlace, pero el producto 1,2-diyodo es inestable y pierde I_2 en la reacción inversa, para regenerar al alqueno original:

$$CH_3-CH=CH_2 + I_2 \longleftrightarrow CH_3-\underset{I}{\underset{|}{CH}}-CH_2-I$$

1-propeno **1,2-diyodopropano**

Ejercicios de autoevaluación de adición de halógenos a alquenos y alquinos

1. Completa cada una de las reacciones, anotando los productos resultantes y da nombre a reactivos y productos, utilizando la nomenclatura IUPAC.

a) ______________________ $+ Cl_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_3-\underset{Cl}{\underset{|}{CH}}-\underset{Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

b) $(CH_3)_2C=CH-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4}$

c) ______________________ $+ Cl_2 \xrightarrow{CCl_4} Cl-CH_2-CH_2-Cl$



d) $(CH_3)_2C=C(CH_3)_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4}$

e) $CH_3-C\equiv C-CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{CCl_4}$ ________________ $+ Cl_2 \xrightarrow{CCl_4}$ ______________

f) $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH + Br_2 \xrightarrow{CCl_4}$ ______________ $+ Br_2 \xrightarrow{CCl_4}$ ______________

g) $CH_3-CH(CH_3)-C\equiv CH + 2\,Br_2 \xrightarrow{CCl_4}$

h) ____________________ $+ 2\,Cl_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_3-CH_2-CCl_2-CHCl_2$

i) $CH_2-CH-CH_3$ / CH / CH_2 / CH (ring: $CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH=CH-$) $+ Br_2 \xrightarrow{CCl_4}$

j) $CH_3-C(CH_3)_2-C\equiv C-C(CH_3)_2-CH_3 + 2\,Cl_2 \xrightarrow{CCl_4}$

k) $(CH_3)_2C=C(CH_3)_2 + Cl_2 \xrightarrow{CCl_4}$

l) _________________________ $+ 2\,Br_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_3-CBr_2-CBr_2-CH_3$

1.3 Adición de halogenuros de hidrógeno a alquenos y alquinos (síntesis de derivados monohalogenados y dihalogenados en el mismo átomo de carbono)

Los halogenuros de hidrógeno (HI, HCl, HBr, HF), conocidos también como hidrácidos halogenados, se adicionan a los enlaces B (pi) de los alquenos para producir halogenuros de alquilo. Los alquinos reaccionan de manera análoga y producen halogenuros de vinilo o 1,1-dihaloalcanos, dependiendo de la cantidad de **HX** que se use.

Ecuación general para la adición de hidrácidos halogenados a alquenos:

$$R-CH=CH_2 + HX \longrightarrow R-CH(X)-CH_3$$

Ejemplo:

$$CH_3-CH=CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-CH(Cl)-CH_3$$

Ecuación general para la adición de hidrácidos halogenados a alquinos:

$$R-C\equiv CH + 2\,HX \longrightarrow R-CX_2-CH_3$$

Ejemplo:

$$CH_3-C\equiv CH + 2\ HCl \longrightarrow CH_3-CCl_2-CH_3$$

La adición de halogenuros de hidrógeno a los alquenos se usa a menudo como ruta sintética para preparar halogenuros de alquilo. Generalmente, se burbujea HX gaseoso a través de una solución de alqueno.

Las disoluciones acuosas concentradas de halogenuros de hidrógeno dan mezclas de productos debido a que el agua también puede adicionarse al doble enlace.



La reactividad relativa de HX en esta reacción es:

$$HI > HBr > HCl > HF$$

En las reacciones con alquenos, el ácido yodhídrico es el más reactivo (HI), mientras que el ácido fluorhídrico (HF) es el menos reactivo.

Un halogenuro de hidrógeno contiene un enlace **H─X** altamente polar y puede fácilmente ceder **H⁺** (un protón) al enlace π de un alqueno. El resultado del ataque del **H⁺**, es un carbocatión intermediario, que rápidamente reacciona con el anión halogenuro, para producir un halogenuro de alquilo. Debido a que el ataque inicial es por un electrófilo, la adición de **HX** a un alqueno se llama **reacción de adición electrofílica**.

Paso 1: (lento)

$$CH_3-CH=CH-CH_3 + H-Cl \longrightarrow [CH_3-\overset{+}{C}H-CH(H)-CH_3] + :\ddot{Cl}:^-$$

2-buteno — carbocatión intermediario

Paso 2: (rápido)

$$[CH_3-\overset{+}{C}H-CH(H)-CH_3] + :\ddot{Cl}:^- \longrightarrow CH_3-CH(Cl)-CH_2-CH_3$$

2-clorobutano

Regla de Markovnikov

Si un alqueno es asimétrico (es decir, los grupos unidos a los dos átomos de **carbono sp²** son distintos), existe la posibilidad de que se formen dos productos diferentes con la adición de **HX**.

$CH_3-CH=CH-CH_3$ — **Alqueno simétrico**

$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_3$ — **Alqueno asimétrico**

$$CH_3-CH=CH-CH_3 + HCl \longrightarrow CH_3-CH_2-CH(Cl)-CH_3$$

2-buteno — **2-clorobutano**
sólo un producto posible

$CH=CH_2$ / CH_3 → $CH_3-CH_2-CH_2-Cl$ (1-cloro propano) ; $CH_3-CH(Cl)-CH_3$ (2-cloro propano)

Propeno

$CH_3-CH_2-CH_2-Cl$
1-cloro propano

$CH_3-CH-CH_3$
Cl
2-cloro propano

Dos productos posibles

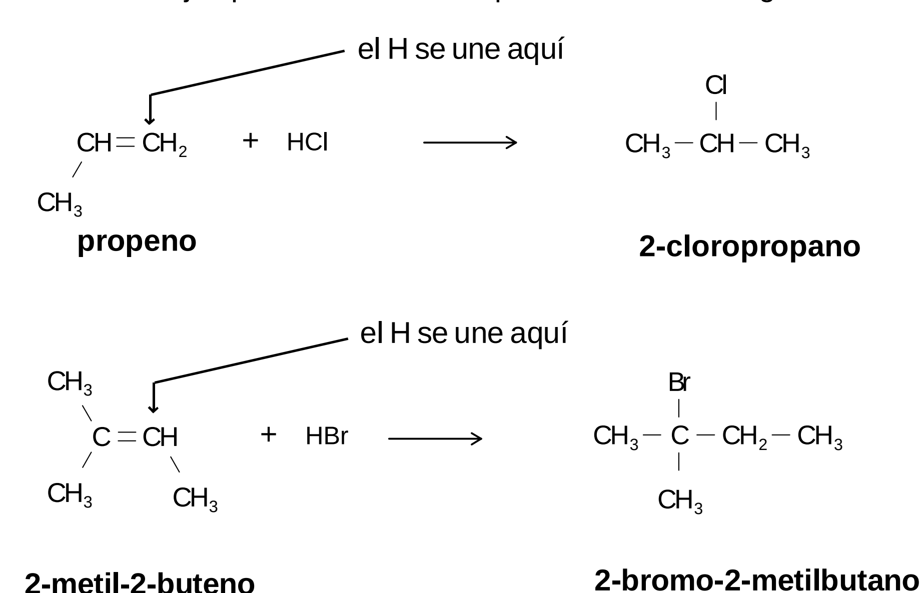
En una adición electrofílica que puede conducir a dos productos, usualmente predomina un producto sobre el otro.

En 1869, el químico ruso Vladimir Markovnikov formuló la siguiente regla empírica:

“En las adiciones de HX a alquenos asimétricos, el H^+ del HX se une al carbono del doble enlace que tenga el mayor número de hidrógenos”.

Mediante la regla de Markovnikov, podríamos predecir, que la reacción de HCl con propeno, produce 2-cloropropano (y no, su isómero 1-cloropropano).

A continuación se dan ejemplos de reacciones que obedecen a la regla de Markovnikov:



La razón de la regla de Markovnikov

Markovnikov formuló su regla basándose en observaciones experimentales: *en la adición de **HX** a un alqueno, el hidrógeno del ácido se une al carbono del doble enlace que tiene mayor número de hidrógenos, en tanto que el halogenuro (**X**-) se une al carbono del doble enlace con menos hidrógenos.* ¿Por qué se cumple esta regla empírica? Para responder a esta pregunta, volvamos al mecanismo de la la adición **HX**. El paso 1, es la formación del carbocatión y el paso 2 es la unión del halogenuro.

Ejemplos:

En el caso del propeno, existe la posibilidad de que se formen dos carbocationes:

Paso 1:

$$CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow{H^+} CH_3-\overset{H^{*+}}{CH}\cdots CH_2^{*+} \longrightarrow CH_3-CH_2-\overset{+}{C}H_2$$

estado de transición — 1^{ario} menos estable

$$CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow{H^+} CH_3-\overset{*+}{CH}\cdots \overset{H^{*+}}{CH_2} \longrightarrow CH_3-\overset{+}{C}H-CH_3$$

estado de transición — 2^{ario} más estable

El orden de estabilidad de los carbocationes es: $3^{ario} > 2^{ario} > 1^{ario}$

Para el propeno, las dos posiciones de adición de H^+ conducen a:

(1) un carbocatión primario, de alta energía, inestable.

(2) un carbocatión secundario, de menor energía, más estable.

Los estados de transición que conducen a estos intermediarios, tienen carácter carbocatiónico. Por tanto, el carbocatión secundario tiene un estado de transición de menor energía y una velocidad de formación mayor.

La adición de un reactivo a un alqueno asimétrico procede a través del carbocatión más estable. esta es la razón de que se cumpla la regla de Markovnikov.

Paso 2:

$$[CH_3-\overset{+}{C}H-CH_3] \xrightarrow{Cl^-} CH_3-\overset{Cl}{CH}-CH_3$$

Ahora, para el caso del 2-metilpropeno, existe la posibilidad de que se formen dos carbocationes:

Paso 1

$$CH_3-\underset{CH_3}{C}=CH_2 \xrightarrow{H^+} [CH_3-\underset{CH_3}{\overset{H^{*+}}{C}}\cdots CH_2^{*+}] \longrightarrow CH_3-\underset{CH_3}{CH}-\overset{+}{C}H_2$$

estado de transición — 1^{ario} menos estable

$$CH_3-\underset{CH_3}{C}=CH_2 \xrightarrow{H^+} [CH_3-\underset{CH_3}{\overset{*+}{C}}\cdots \overset{H^{*+}}{CH_2}] \longrightarrow CH_3-\underset{CH_3}{\overset{+}{C}}-CH_3$$

estado de transición — 3^{ario} más estable

Paso 2:

$$\left[CH_3-\overset{+}{C}(CH_3)-CH_3\right] \xrightarrow{Br^-} CH_3-C(Br)(CH_3)-CH_3$$

Adición anti-Markovnikov de HBr

La adición de HBr a los alquenos cumple a veces la regla de Markovnikov, como en el caso anterior, pero a veces no la cumple. **Este efecto no se observa con HCl o con HI.**

$$CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow{HBr} CH_3-CH(Br)-CH_3 \quad \textbf{pero a veces} \quad CH_3-CH_2-CH_2-Br$$

propeno — 2-bromo propano — 1-bromo propano
producto anti-Markovnikov

Se ha observado que los bromuros de alquilo primarios se obtienen solamente cuando en la mezcla de reacción hay peróxidos u O_2.

$$CH_3-CH=CH_2 + HBr \xrightarrow{NaO_2} CH_3-CH_2-CH_2-Br$$

Ejercicios de autoevaluación sobre adición de halogenuros de hidrógeno a alquenos y alquinos

1. Indica cuáles son los productos más estables de las siguientes reacciones, utiliza la regla de Markovnikov y da nombre IUPAC tanto a reactivos como productos.

a) $CH_3-CH=CH_2 + HCl \longrightarrow$

b) $CH_3-C(CH_3)=CH-CH_3 + HBr \longrightarrow$

c) $CH_3-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_3 + HCl \longrightarrow$

d)
$CH-CH_2$
$\| \quad\quad |$
$CH-CH_2 \quad + HBr \longrightarrow$

e) $CH_3-C(Cl)=CH_2 + HCl \longrightarrow$

f) $CH_3-C(CH_3)=CH_2 + HBr \longrightarrow$

g) $CH_3-CH_2-CH=CH_2 + HCl \longrightarrow$

h) $CH_3-C\equiv C-CH(CH_3)-CH_3 + HBr \longrightarrow$

i) $CH_3-CH_2-C\equiv CH + HCl \longrightarrow$

j) $CH_3-CH_2-C\equiv C-CH_2-CH_3 + 2\ HBr \longrightarrow$

2. El cloruro de vinilo es un halogenuro de gran importancia industrial que se prepara por adición de HCl al acetileno. Su polímero es el policloruro de vinilo, conocido como **PVC** y se utiliza en la fabricación de muchos artículos plásticos, como envases, juguetes, tubos para drenaje, poliductos, etc.

El cloruro de vinilo es un producto de la siguiente reacción, escribe su estructura.

$$CH \equiv CH + HCl \longrightarrow$$

3. Indica cuáles serán los productos de las siguientes reacciones si se aplica la regla anti-Markovnikov. Escribe el nombre IUPAC a reactivos y productos.

a) $CH_3 - CH{=}CH_2 + HBr \xrightarrow{H_2O_2}$

b) $(CH_3)_2C = CH - CH_3 + HBr \xrightarrow{Na_2O_2}$

c) $CH_3 - CH_2 - CH{=}CH_2 + HBr \xrightarrow{H_2O_2}$

d) $CH_3 - CH_2 - C \equiv CH + HBr \xrightarrow{Na_2O_2}$ ______ ? ______ $+ HBr \xrightarrow{Na_2O_2}$ ______ ? ______

e) $CH \equiv CH + HBr \xrightarrow{Na_2O_2}$ ______ ? ______ $+ HBr \xrightarrow{Na_2O_2}$ ______ ? ______

f) $CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - C \equiv CH + 2\ HBr \xrightarrow{Na_2O_2}$

f) $CH_3 - CH_2 - C \equiv C - CH_2 - CH_3 + 2\ HBr \xrightarrow{H_2O_2}$

1.4 Hidratación de alquenos y alquinos (síntesis de alcoholes)

En solución fuertemente ácida (tal como ácido sulfúrico diluido), el agua se adiciona a un doble enlace para producir un alcohol. Esta reacción se denomina **hidratación de un alqueno.**

Ecuación general para la hidratación de un alqueno:

$$R-CH=CH_2 \; + \; H\text{-}OH \xrightarrow{H_2SO_4} R-CH(OH)-CH_3$$

Ejemplo:

$$CH_3-CH=CH_2 \; + \; H\text{-}OH \xrightarrow{H^+} CH_3-CH(OH)-CH_3$$

Propeno → 2-propanol 60%

Mecanismo de reacción:

Esta reacción se efectúa en dos pasos, de la misma forma que la adición de un halogenuro de hidrógeno, ambas reacciones siguen la regla de Markovnikov:

Paso 1. Protonación del alqueno para producir un carbocatión .

R−C=[redacted]R (con R en el C) ⟶ $[R-\overset{+}{C}(R)-CH_2-R]$

Paso 2 El segundo paso es la adición del OH^- al carbocatión.

[redacted]H⁻ + [R−[redacted]−CH_2−R] (con R en el C) ⟶ $R-C(OH)(R)-CH_2-R$

Los alquinos también experimentan hidratación, pero el producto inicial es un alcohol vinílico o enol. Un enol está en equilibrio con un aldehído o una cetona. El equilibrio favorece al compuesto carbonílico, por lo tanto, la hidratación de un alquino realmente da como resultado un aldehído o una cetona.

La hidratación de los alquinos procede más suavemente, cuando se añade una sal mercúrica para catalizar la reacción.

$$CH_3-C\equiv CH \; + \; H_2O \xrightarrow[HgSO_4]{H^+} CH_3-C(\ddot{O}-H)=CH_2 \longleftrightarrow CH_3-C(=O)-CH_3$$

propino **propen-2-ol** **propanona (acetona)**

Ejemplo:

$$CH_3-C\equiv C-CH_3 + H_2O \xrightarrow[HgSO_4]{H^+} CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$$

2-butino **2-butanona**

Ejercicios de autoevaluación sobre hidratación de alquenos y alquinos

1. Una de las reacciones de gran importancia industrial es la hidratación del etileno que se utiliza para la obtención de alcohol etílico o etanol. Completa la reacción y escribe el nombre IUPAC a reactivos y productos.

$$CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow[\text{En tubo cerrado}]{10\%H_2SO_4}$$

2. El isopropanol o alcohol isopropílico se obtiene industrialmente haciendo reaccionar el propileno con ácido sulfúrico. La mayor parte del isopropanol se usa para producir acetona; otra aplicación del alcohol isopropílico es la fabricación de agua oxigenada. Completa la reacción y escribe el nombre IUPAC a reactivos y productos.

$$CH_3-CH=CH_2 + H_2O \xrightarrow{10\%H_2SO_4}$$

3. Completa la siguientes reacciones de hidratación y da nombre IUPAC a reactivos y productos.

a) $$CH_3-CH=\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}-CH_2-CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+}$$

b) $$(CH_3)_2C=C(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+}$$

c) $$\begin{matrix} CH_2-CH_2 \\ | \quad\quad | \\ CH=CH \end{matrix} + H_2O \xrightarrow{H^+}$$

d) $$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{|}}{C}=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+}$$

e) $CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$ (con CH_3 y CH_2CH_3 como sustituyentes del doble enlace) $+ H_2O \xrightarrow{H^+}$

f) $CH_3-CH_2-CH=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+}$

g) $CH_3-CH_2-C\equiv CH + H_2O \xrightarrow[HgSO_4]{H^+}$

h) $CH\equiv CH + H_2O \xrightarrow[HgSO_4]{H^+}$

i) $CH_3-CH(CH_3)-C\equiv CH + H_2O \xrightarrow[HgSO_4]{H^+}$

1.5 Polimerización (reacciones de adición)

La presencia de un doble o triple enlace en un compuesto, en determinadas condiciones provoca reacciones en cadena llamadas de **polimeración**.

Ecuación general:

$$>C=C< \xrightarrow{\text{iniciador}} \left[-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\right]_n$$

alqueno **polialqueno**

Polímeros de adición

Al alqueno con el que se inicia la reacción de polimerización se le denomina **monómero** y al producto, polímero (del griego: **polis**, muchos; **meros**, parte).

En una polimerización de adición, la unidad que se repite tiene la misma proporción de elementos que existen en el monómero original, ya que las unidades monoméricas sólo se añaden unas a otras para formar la cadena.

La polimerización de los alquenos se efectúa mediante la aplicación de pequeñas cantidades de sustancias químicas llamadas **iniciadores**.

Durante muchos años el oxígeno atmosférico sirvió como iniciador para efectuar la polimerización del etileno, pero también se necesitaban altas temperaturas (100 °C) y alta presión (15000 lb/pulg^2).

El oxígeno, en forma de radical libre, **O**, actúa de modo inicial generando un radical libre del tipo **R–O.** A partir de ahí, la reacción sigue adelante por medio de un mecanismo en cadena:

Iniciación:

$$R{-}O\cdot \quad + \quad CH_2{=}CH_2 \longrightarrow R{-}O{-}CH_2{-}CH_2\cdot$$

Propagación:

a) $R{-}O{-}CH_2{-}CH_2\cdot \quad + \quad CH_2{=}CH_2 \longrightarrow R{-}O{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2\cdot$

b) $R{-}O{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2\cdot \; + \; CH_2{=}CH_2 \longrightarrow R{-}O{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2\cdot$

c) $R{-}O{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2\cdot \; + \; CH_2{=}CH_2 \longrightarrow \bullet\;\bullet\;\bullet$

Terminación:

d) $R{-}O{-}CH_2{-}CH_2(CH_2CH_2)_nCH_2CH_2\cdot \; + \; R\bullet \longrightarrow R{-}O{-}CH_2{-}CH_2(CH_2CH_2)_nCH_2CH_2\mathbf{R}$

Ejemplo específico:

$$\underset{\textbf{propileno}}{CH_3{-}CH{=}CH_2} \xrightarrow{\text{iniciador}} \underset{\textbf{polipropileno}}{(-\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}H{-}CH_2-)}$$

n puede ser, desde varios cientos hasta varios miles

Nota: Consulta la tabla que aparece en la siguiente página.



Tabla 10. Algunos monómeros y sus polímeros más comunes

Monómero		Polímero	
Fórmula	**Nombre**	**Nombre y fórmula**	**Usos**
$CH_2=CH_2$	etileno	$(-CH_2-CH_2-)_n$ polietileno	Tubería de plástico,botellas, aislante eléctrico, juguetes.
$CH_2=CH-CH_3$	propileno	polipropileno $[-CH(CH_3)-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-]_n$	Película de empaque, alfombras, canastillas para refrescos, equipo de laboratorio, juguetes.
$CH_2=CH-Cl$	cloruro de vinilo	$[-CH_2-CH(Cl)-]_n$ cloruro de polivinilo (PVC)	Tubería, viseles, canaletas, baldosas para pisos, ropa,
$CH_2=CH-C\equiv N$	acrilonitrilo	$[-CH_2-CH(CN)-]_n$ poliacrilonitrilo(PAN)	Alfombras y tejidos.
$F_2C=CF_2$	tetrafluoroetileno	$[-CF_2-CF_2-]_n$ politetrafluoroetileno(teflón)	Utensilios de cocina, aislante eléctrico y empaques.
$CH_2=C(CH_3)-C(=O)-O-CH_3$	metilmeta-crilato	$[-CH_2-C(CH_3)(COOCH_3)-]_n$ polimetilmetacrilato (plexiglas)	Equipo óptico, muebles.
$CH_2=CH-C_6H_5$	estireno	$[-CH(C_6H_5)-CH_2-]_n$ poliestireno	Recipientes, aislante térmico, (cubitos de hielo, enfriadores de agua), juguetes
$CH_2=CH-CH=CH_2$	butadieno	$[-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n$ polibutadieno	Resinas para recubrimiento y llantas.
Ver las estructuras anteriores	butadieno y estireno	$[-CH(C_6H_5)-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n$ hule de estireno y butadieno	Hule sintético

2. Reacciones importantes de sustitución.

Las reacciones de sustitución, ocurren cuando un átomo o grupo atómico sustituye o reemplaza a otro. También se les conoce como reacciones de desplazamiento.

Cuando el átomo que se sustituye es el hidrógeno, se presenta una reacción de **sustitución electrofílica** y cuando el desplazamiento es en un átomo diferente al hidrógeno, se presenta una reacción de **sustitución nucleofílica**.

Este proceso puede generalizarse como sigue:

Estos dos reactivos intercambian partes	**A-B + C-D** $\longrightarrow$ **A-C + B-D**	para formar dos nuevos productos

2.1. Halogenación de alcanos (Síntesis de halogenuros de alquilo)

La halogenación de alcanos es un ejemplo típico de sustitución. En ella, un átomo de halógeno(cloro o bromo) sustituye a uno de hidrógeno. Esta reacción se lleva a cabo en presencia de luz ultravioleta o calor para producir halogenuros de alquilo.

$$R\text{-}H + X\text{-}X \xrightarrow{\Delta\ /\ Luz} R\text{-}X + HX$$

Ecuación general para la monohalogenación de alcanos:

En donde **R** representa un grupo alquilo y **X** al átomo de halógeno.

Orden de reactividad, X_2: $Cl_2 > Br_2$

Orden de reactividad, C: $3^o > 2^o > 1^o$

En la reacción se forman dos productos: el compuesto orgánico monohalogenado (halogenuro de alquilo) y el halogenuro de hidrógeno gaseoso (cloruro o bromuro de hidrógeno).

En el caso del metano, un átomo de cloro sustituye a uno de los hidrógenos dando lugar al clorometano (cloruro de metilo) y el cloruro de hidrógeno (ácido clorhídrico).

$$CH_4 + Cl_{2\,(g)} \longrightarrow CH_3Cl + HCl_{(g)}$$

En moléculas de alcanos más grandes, es posible que el halógeno ataque diferentes átomos de carbono de la molécula, y produzca una mezcla de compuestos orgánicos monohalogenados. Si la reacción se deja seguir adelante, pueden formarse compuestos orgánicos di-, tri-,o polihalogenados.

En el caso de la cloración del metano, estos compuestos serían el diclorometano o cloruro de metileno (CH_2Cl_2), el triclorometano o cloroformo ($CHCl_3$) y el tetraclorometano o tetracloruro de carbono (CCl_4).



Para obtener como producto principal, compuestos monohalogenados, se utiliza un exceso de metano y el que permanece sin reaccionar se recicla durante el proceso de reacción.

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{UV} CH_3-Cl + HCl$$

Clorometano

$$CH_3-Cl + Cl_2 \xrightarrow{UV} Cl-CH_2-Cl + HCl$$

Diclorometano

$$Cl-CH_2-Cl + Cl_2 \xrightarrow{UV} Cl-CH(Cl)-Cl + HCl$$

Triclorometano
(cloroformo)

$$Cl-CH(Cl)-Cl + Cl_2 \xrightarrow{UV} Cl-C(Cl)(Cl)-Cl + HCl$$

Tetraclorometano
(tetracloruro de carbono)

Como se mencionó anteriormente, la halogenación de alcanos puede conducir a una mezcla de compuestos halogenados. Por ello, para determinar el producto que se forma en mayor porcentaje, es necesario tomar en cuenta el orden de reactividad de los átomos de carbono presentes en la molécula.

Ejemplos:

$$\underset{1^o}{CH_3}-\underset{2^o}{CH_2}-\underset{1^o}{CH_3} + Br_2 \xrightarrow{UV} CH_3-CH(Br)-CH_3 + HBr$$

$$\underset{1^o}{CH_3}-\underset{3^o}{CH}(CH_3)-\underset{1^o}{CH_3} + Cl_2 \xrightarrow{UV} CH_3-C(Cl)(CH_3)-CH_3 + HCl$$

Ejercicios de autoevaluación sobre halogenación de alcanos(reacciones de sustitución)

I. Completa las siguientes reacciones de halogenación, anotando sólo el producto monohalogenado que se obtendrá en mayor porcentaje, tomando en cuenta el orden de reactividad de cada carbono.

a) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{UV}$

b) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{UV}$

c) $CH_3-CH(CH_3)-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{UV}$

d) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{\Delta}$

e) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{UV}$

f) $CH_3-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{UV}$

g) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{UV}$

h) C_6H_6 (benceno) $+ Cl_2 \xrightarrow{UV}$

2. Ejercicios de complementación.

a) ¿A qué se debe, que la halogenación de alcanos sea una reacción muy lenta y que no se efectúe a temperatura ambiente o en la oscuridad?

____

____

b) ¿Por qué el flúor y el yodo son poco empleados para halogenar alcanos?

____

____



2.2. Sustitución de halogenuros de alquilo (síntesis de alcoholes)

La hidrólisis de la mayoría de los halogenuros de alquilo primarios en disolventes acuosos, es un buen método para obtener alcoholes.

La reacción puede llevarse a cabo en hidróxido de sodio acuoso a reflujo, especialmente en el caso de los haluros de bajo peso molecular.

La ecuacion general para la sustitución de halogenuros de alquilo, es:

$$\text{R-X} + \text{NaOH} \xrightarrow{H_2O} \text{R-OH} + \text{NaX}$$

Donde **R** es un grupo alquílico y **X** puede ser **Cl^-, Br^-, I^-**

Ejemplo:

El bromuro de etilo al ser tratado con hidróxido de sodio en solución acuosa se convierte en etanol.

$$CH_3-CH_2-Br + NaOH \xrightarrow{H_2O} CH_3-CH_2-OH + NaBr$$

En el caso de los **haluros de alquilo secundarios y primarios con ramificación** en el **carbono 2**, la **eliminación** es una **reacción secundaria** importante y puede llegar a ser la reacción principal.

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-Br + KOH \xrightarrow{H_2O} \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}(CH_3)=CH_2 + KBr + H_2O$$

Las transformaciones de haluros de alquilo en alcoholes, son poco importantes ya que los haluros se obtienen frecuentemente a partir de los alcoholes.

Ejercicios de autoevaluación sobre hidrólisis de halogenuros de alquilo (reacciones de sustitución)

1. Completa las siguientes reacciones y da nombre IUPAC a reactivos y productos.

a) El metanol puede obtenerse al tratar:

$$__________ + __________ \xrightarrow{H_2O} __________ + __________$$

b) $CH_3-CH_2-CH_2-Br + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

c) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-I + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

d) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-I + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

e) $CH_3-C(CH_3)_2-Cl + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

e) $CH_3-C(CH_3)_2-CH_2-Cl + NaOH \xrightarrow{H_2O}$

2. 3 La esterificación de Fisher: Una reacción de sustitución para la formación de ésteres

En 1895, **Emil Fisher y Speier** descubrieron que es posible obtener ésteres por el simple calentamiento de una solución de ácido carboxílico en metanol o etanol que contenga una pequeña cantidad de ácido mineral como catalizador.

La reacción de Fisher, es una reacción de sustitución nucleofílica entre un ácido carboxílico y un alcohol.

Ecuación general de esterificación:

$$R-C(=O)-OH + OH-R \overset{H^+}{\rightleftarrows} R-C(=O)-O-R + H_2O$$

La reacción es reversible y se cataliza con ácidos

En la esterificación de Fisher, el grupo **-OH** del ácido carboxílico se sustituye por un grupo **-OR´** del alcohol. Todos los pasos son reversibles y la reacción puede desplazarse en cualquier sentido eligiendo las condiciones de reacción apropiadas.

La formación de éster se favorece cuando se usa un gran exceso de alcohol como solvente, pero la formación del ácido carboxílico se favorece cuando está presente un exceso de agua.

Mecanismo de la esterificación contínua.

Experimentalmente se ha encontrado que al hacer reaccionar el ácido benzoico con metanol marcado isotópicamente con oxígeno (^{18}O), este isótopo aparece formando parte de la estructura del éster (benzoato de metilo), en vez de aparecer en el agua como se muestra a continuación.



[redacted]

C₆H₅–C(=O)[redacted] + $CH_3-{}^{18}OH$ $\xrightarrow{H^+}$ C₆H₅–C(=O)–^{18}O–CH_3 + H_2O

El marcado isotópico demuestra de manera inequívoca que el enlace que se rompe es el que une al grupo oxhidrilo con el grupo carbonilo del ácido carboxílico: CO-**OH** y no el enlace que une al hidrógeno con el oxígeno del grupo oxhidrilo del grupo carboxilo, COO**-H.** También nos indica que el enlace RO-**H** del alcohol es el que se rompe y no el R-**OH**.

Por lo general, se utiliza un ácido mineral para catalizar la reacción. Este ácido protoniza el grupo carboxilo, provocando un aumento en la carga positiva del carbono del grupo carbonilo y éste se vuelve más susceptible al ataque nucleofílico por una molécula de alcohol.

Ejemplos:

$$CH_3-C(=O)-OH + CH_3-OH \underset{\Delta}{\overset{H^+}{\longleftrightarrow}} CH_3-C(=O)-O-CH_3 + H_2O$$

ácido acético **alcohol metílico** **acetato de metilo**

$$CH_3-CH_2-C(=O)-OH + CH_3-CH_2-OH \underset{\Delta}{\overset{H^+}{\longleftrightarrow}} CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_3 + H_2O$$

ácido propiónico **alcohol etílico** **propionato de etilo**

Ejercicios de autoevaluación sobre formación de ésteres.

1. Indica los productos de cada reacción y da nombre IUPAC, tanto a los reactivos como a los productos.

a) $CH_3-OH + CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-OH \underset{\Delta}{\overset{H^+}{\longleftrightarrow}}$

b) C_6H_5-COOH + $CH_3-CH_2-OH \xleftrightarrow{H^+}$

c) $CH_3-C(=O)-OH$ + $CH_3-C(CH_3)_2-OH \xleftrightarrow{H^+}$

d) CH_2, CH_2, CH_2, CH–OH (ring) + $H-C(=O)-O-H \xleftrightarrow{H^+}$

e) $CH_3-CH_2-C(=O)-OH$ + $CH_3-CH_2-CH_2-OH \xleftrightarrow{H^+}$

f) $C_6H_5-C(=O)-O-H$ + $C_6H_5-O-H \xleftrightarrow{H^+}$

2. Utilizando fórmulas estructurales, indica cómo podrían elaborarse los siguientes ésteres:

a) Acetato de butilo

b) Butanoato de metilo

3. Escriba la ecuación y el nombre del éster que se podría preparar a partir de los siguientes pares de compuestos:

a) Acido etanoico y alcohol etílico.

b) Acido benzoico y alcohol isopropílico.

c) Acido isobutírico y alcohol propílico.

d) Acido propiónico y alcohol metílico.



2.4 Reacción de saponificación (Formación de jabón)

El término “saponificación” proviene del latín, **sapo**, -saponis, “jabón” y **“ficare”,** producir, esto es, fabricar jabón. El jabón ordinario es una mezcla de sales de sodio de ácidos carboxílicos de cadena larga.

Esta importante reacción de los ésteres es una ligera variación de la hidrólisis de un éster, que se produce en presencia de un catalizador ácido (o una enzima).

La saponificación se produce en presencia de hidróxido de sodio o de potasio en solución acuosa. Esencialmente, se forman los mismos productos, salvo que la saponificación no produce el ácido libre, sino su sal. Tanto en la hidrólisis como en la saponificación se libera la parte del alcohol en su forma libre.

Ecuación general de una saponificación:

$$R-C(=O)-O-R + NaOH \xrightleftharpoons[\Delta]{H^+} R-C(=O)-O-Na + R-O-H$$

ester — **sal (jabón)** — **alcohol**

Ejemplo específico:

$$CH_3-(CH_2)_{16}-C(=O)-O-CH_2-CH_3 + NaOH \xrightarrow{H^+} CH_3-(CH_2)_{16}-C(=O)-O-Na + CH_3-CH_2-OH$$

estearato de etilo — **estearato de sodio (jabón)** — **etanol**

Las sales de los ácidos carboxílicos que contienen de 12 a 18 átomos de carbono, son de gran valor como jabones, por su abundancia en las grasas.

$$\text{Grasa o aceite} + NaOH \xrightarrow{H^+} \text{Jabón} + \text{Glicerol}$$

Las grasas y aceites son ésteres de glicerol y ácidos grasos (ácidos carboxílicos) con una cadena larga.

Las grasas y aceites se denominan también triglicéridos, cada molécula de triglicérido se deriva de una molécula de glicerol y tres moléculas de ácidos grasos (ácidos carboxílicos).

Fórmula general de un triglicérido

$$\begin{array}{l} CH_2-O-C(=O)-R \\ | \\ CH-O-C(=O)-R \\ | \\ CH_2-O-C(=O)-R \end{array}$$

Triglicérido típico conteniendo tres diferentes ácidos grasos

$$\begin{array}{l} CH_2-O-C(=O)-C_{17}H_{35} \\ | \\ CH-O-C(=O)-C_{15}H_{31} \\ | \\ CH_2-O-C(=O)-C_{11}H_{23} \end{array}$$

Los ácidos grasos más abundantes en grasas y aceites son los ácidos láurico, mirístico, palmítico y esteárico.

$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$	$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH$	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$
ácido láurico	ácido mirístico	ácido palmítico	ácido esteárico

Los ácidos insaturados más abundantes en grasas y aceites contienen 18 átomos de carbono y tienen uno, dos o tres enlaces dobles carbono-carbono. Sus fórmulas son:

Ácido oleico

$$HOOC-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

Ácido linoleico

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$$

Ácido linolénico

$$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C(=O)OH$$

Ejemplo:

$$\begin{array}{l} CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{15}H_{31} \\ | \\ CH-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{13}H_{27} \\ | \\ CH_2-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-C_{17}H_{35} \end{array} + 3\,NaOH \longrightarrow \begin{array}{c} CH_3-(CH_2)_{14}COONa \\ \text{Palmitato de sodio} \\ CH_3-(CH_2)_{12}COONa \\ \text{Miristato de sodio} \\ CH_3-(CH_2)_{16}COONa \\ \text{Estearato de sodio} \end{array} + \begin{array}{c} H-O-CH_2 \\ | \\ H-C-O-H \\ | \\ H-O-CH_2 \end{array}$$

Glicerol

Ejercicios de autoevaluación de saponificación

a) $CH_3-(CH_2)_{14}COOCH_3$ + KOH ⟶

Palmitato de metilo

b)

$$\begin{array}{l} \quad\quad\;\; O \\ \quad\quad\;\; \| \\ CH_2-O-C-C_{15}H_{31} \\ | \quad\quad\;\; O \\ | \quad\quad\;\; \| \\ CH-O-C-C_{15}H_{31} \\ | \quad\quad\;\; O \\ | \quad\quad\;\; \| \\ CH_2-O-C-C_{15}H_{31} \end{array} + 3\,NaOH \longrightarrow$$

Tripalmitato de glicerilo

c)

$$\begin{array}{l} \quad\quad\;\; O \\ \quad\quad\;\; \| \\ CH_2-O-C-C_{11}H_{23} \\ | \quad\quad\;\; O \\ | \quad\quad\;\; \| \\ CH-O-C-C_{11}H_{23} \\ | \quad\quad\;\; O \\ | \quad\quad\;\; \| \\ CH_2-O-C-C_{11}H_{23} \end{array} + 3\,NaOH \longrightarrow$$

Trilaurato de glicerilo

d)

$$\begin{array}{l} \quad\quad\;\; O \\ \quad\quad\;\; \| \\ CH_2-O-C-(CH_2)_7CH{=}CH-(CH_2)_7CH_3 \\ | \quad\quad\;\; O \\ | \quad\quad\;\; \| \\ CH-O-C-(CH_2)_7CH{=}CH-(CH_2)_7CH_3 \\ | \quad\quad\;\; O \\ | \quad\quad\;\; \| \\ CH_2-O-C-(CH_2)_7CH{=}CH-(CH_2)_7CH_3 \end{array} + 3\,NaOH \longrightarrow$$

Trioleato de glicerilo

3. Reacciones importantes de eliminación

Las reacciones de eliminación son en cierto modo lo opuesto de las reacciones de adición. Las eliminaciones ocurren cuando un reactivo único se transforma en dos productos.

Este proceso se puede generalizar como sigue:

Este reactivo...	**A** $\longrightarrow$ **B** + **C**	...se transforma, para formar estos dos productos

Las dos reacciones de eliminación comúnmente más utilizadas para formar alquenos, son: la deshidratación de alcoholes y la deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo.

3.1. Deshidratación de alcoholes (síntesis de alquenos)

El término deshidratación implica eliminación de agua. Los alcoholes pueden ser deshidratados para formar alquenos o éteres; esto depende de las condiciones de la reacción, como la temperatura y el tipo de alcohol utilizado.

Uno de los agentes deshidratantes más efectivos es el ácido súlfúrico.

La deshidratación de alcoholes primarios a temperaturas bajas, menores de140 ^{0}C conduce solamente a la formación de éteres.

La deshidratación de alcoholes secundarios y terciarios (los más altamente sustituidos) conduce predominantemente a la formación de alquenos.

Ecuación general para la deshidratación de alcoholes

$$-\underset{H}{\overset{|}{C}}-\underset{OH}{\overset{|}{C}}- \xrightarrow{H^+} \;>C=C<\; + \; H-OH$$

Alcohol — Alqueno

Ejemplos específicos:

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$$

Etanol — **Eteno**

$$CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_3-CH_2-CH{=}CH_2 + CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O$$

2-butanol — **1-buteno** — **2-buteno** (producto principal)

Ejercicios de autoevaluación de deshidratación de alcoholes

1. Completa las siguientes ecuaciones y da nombre IUPAC a reactivos y productos.

a) $CH_3-C(CH_3)_2-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$

b) $CH_3-C(CH_3)(OH)-CH_2-CH_3 \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$

c) $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_2-CH_3 \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$

d) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$

e) ciclo (CH_2, CH_2, CH_2, CH–OH) $\xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$

f) $CH_3-CH(CH_3)-CH(OH)-CH_3 \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$

g) $CH_3-C(CH_3)_2-CH(OH)-CH_3 \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4}$

3.2. Deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo (síntesis de alquenos)

La deshidrohalogenación suele ocurrir al reaccionar un halogenuro de alquilo (**R**-**X**), con el hidróxido de potasio en solución alcohólica, formándose así, un alqueno.

Los halogenuros de alquilo secundarios y terciarios al ser tratados con hidróxido de potasio en solución alcohólica, dan lugar a productos de eliminación con buenos rendimientos.

Ecuación general de deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo

$$-\underset{H}{\overset{|}{C}}-\underset{X}{\overset{|}{C}}- + KOH \xrightarrow{AlCOHOL} >C=C< + KX + H-OH$$

Halogenuro de alquilo — Alqueno

Ejemplo:

$$CH_3-CH_2-Cl + KOH \xrightarrow{AlCOHOL} CH_2=CH_2 + KX + H_2O$$

cloroetano (cloruro de etilo) — eteno (etileno)

Uno de los problemas que se presentan cuando se utilizan reacciones de eliminación, es la formación de mezclas de productos (alquenos). Los isómeros más estables que tienden a predominar son los más sustituidos.

$$CH_3-\underset{Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3 + KOH \xrightarrow{AlCOHOL} \underset{CH_3}{CH}=\underset{CH_3}{CH} + CH_3-CH_2-CH=CH_2 + KCl + H_2O$$

2-buteno (97%) — 1-buteno (3%)

Ejercicios de autoevaluación de deshidrohalogenación de halogenuros de alquilo (reacciones de eliminación)

1. Completa las siguientes reacciones químicas, anotando sólo el producto más estable, es decir, el que teóricamente se obtendrá en mayor porcentaje.

a) $CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-Br + KOH \xrightarrow{AlCOHOL}$

b) ________________ $+ KOH \xrightarrow{AlCOHOL} (CH_3)_2C=CH-CH_3 + KI + H_2O$



c) $CH_3-C(CH_3)_2-CH(Br)-CH_3$ + KOH $\xrightarrow{\text{AlCOHOL}}$

d) ____________________ + KOH $\xrightarrow{\text{AlCOHOL}}$ $CH_3-CH=C(CH_3)-CH_2-CH_3$ + KI + H_2O

e) Cl–CH (ring: CH–CH$_2$–CH$_2$–CH$_2$–CH(CH$_3$)) + KOH $\xrightarrow{\text{AlCOHOL}}$

f) __________________________ + KOH $\xrightarrow{\text{AlCOHOL}}$ $CH_3-CH=CH_2$ + KCl + H_2O

2. Investiga, ¿qué compuesto se formará, si un halogenuro de alquilo se pone en contacto con KOH en solución acuosa?____

3. En la reacción de 2-bromo-2-metilbutano con KOH en etanol, resulta una mezcla de dos alquenos ¿cuál es la estructura de estos compuestos?

____

4. Reacciones importantes de oxidación

En química inorgánica, la reducción se define como la ganancia de electrones y la oxidación, como pérdida de electrones. Sin embargo, en la química orgánica frecuentemente es difícil precisar, cuándo un átomo gana o pierde electrones durante una reacción. Así, los términos de oxidación y reducción tienen significados menos precisos. Para nuestros propósitos, una reducción orgánica es una reacción en la cual se incrementa el contenido de hidrógeno o disminuye el de oxígeno, nitrógeno o halógeno de una molécula. A la inversa, una oxidación orgánica es una reacción en la cual disminuye el contenido de hidrógeno o se incrementa el de oxígeno, nitrógeno o halógeno de una molécula.

La descomposición de un alcohol, es un ejemplo de oxidación, debido a la pérdida de hidrógeno:

$$CH_3-CH(OH)-CH_3 \xrightarrow{(O)} (CH_3)_2C=O$$

alcohol **compuesto carbonílico**

La hidrogenación de un compuesto carbonílico, es un ejemplo de reducción, donde [H] es un agente reductor generalizado.

$$(CH_3)_2C=O \xrightarrow{H} CH_3-CH(OH)-CH_3$$

compuesto carbonílico **alcohol**

La reacción más importante de los alcoholes es su oxidación; cuando ésta ocurre se producen compuestos carbonílicos.

La oxidación de **alcoholes primarios** produce la formación de **aldehídos** y **ácidos carboxílicos** y la oxidación de **alcoholes secundarios** genera **cetonas**. Los alcoholes terciarios no reaccionan con la mayoría de los agentes oxidantes.

4.1 Oxidación de alcoholes primarios (síntesis de aldehídos y ácidos carboxílicos)

Cuando una molécula de alcohol se oxida, sufre la pérdida de hidrógeno, es decir, se produce una deshidrogenación. La palabra **aldehído** proviene de la contracción de las palabras "**al**cohol **de**s**hi**drogena**do**".

La oxidación de los alcoholes primarios puede efectuarse utilizando algunos agentes oxidantes, como el permanganato de potasio (**$KMnO_4$**) en solución alcalina o el dicromato de potasio (**$K_2Cr_2O_7$**) en solución ácida.



La oxidación de alcoholes primarios conduce a la formación de los aldehídos.

Ecuaciones generales para la oxidación de alcoholes primarios:

$$R-CH_2-OH + [o] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4} R-CH{=}O + H_2O$$

alcohol primario → aldehído

$$R-CH_2-OH + [o] \xrightarrow[\Delta]{KMnO_4 / NaOH} R-CH{=}O + H_2O$$

alcohol primario → aldehído

Debido a que los aldehídos se oxidan fácilmente produciendo ácidos carboxílicos, deben ser retirados tan pronto como sean formados.

Ecuación general para la oxidación de aldehídos

$$R-CH{=}O + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4} R-C(=O)-OH$$

aldehído → ácido carboxílico

Ejemplo:

$$CH_3-CH_2-CH_2-OH + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4} CH_3-CH_2-CH{=}O + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4} CH_3-CH_2-C(=O)-OH$$

1-propanol → propanal → ácido propanoico

Ejercicios de autoevaluación de oxidación de alcoholes primarios y aldehídos

1. Completa las siguientes reacciones y da nombre IUPAC a reactivos y productos.

a) $CH_3-CH_2-OH + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ______________________________

b) ______________ $+ [O] \xrightarrow[\Delta]{KMnO_4 / NaOH} CH_3-CH(CH_3)-CH{=}O$

c) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ____________________

d) ____________________ $+ [O] \xrightarrow[\Delta]{KMnO_4 / NaOH} CH_3-C(CH_3)_2-CH=O$

e) $CH_3-OH + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ____________________

f) ____________________ $+ [O] \xrightarrow[\Delta]{KMnO_4 / NaOH} CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=O$

g) $CH_3-CH_2-CH=O + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ____________________

h) ____________________ $+ [O] \xrightarrow[\Delta]{KMnO_4 / NaOH} CH_3-CH_2-CH(CH_3)-C(=O)-OH$

i) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH=O + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ____________________

j) ____________________ $+ [O] \xrightarrow[\Delta]{KMnO_4 / NaOH} CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-OH$

k) $CH_2=O + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ____________________



4.2 Oxidación de alcoholes secundarios (síntesis de cetonas)

La oxidación de un alcohol secundario da lugar a una cetona. Las cetonas no pueden ser oxidadas posteriormente (excepto por condiciones drásticas, como romper enlaces carbono-carbono o por combustión). Como agente oxidante se emplea usualmente el dicromato de potasio en ácido sulfúrico.

Ecuación general para la oxidación de alcoholes secundarios.

$$R-CH(OH)-R + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4} R-C(=O)-R$$

Ejemplos:

$$CH_3-CH(OH)-CH_3 + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4} CH_3-C(=O)-CH_3$$

2-propanol → **propanona**

$$C_6H_{11}OH \text{ (ciclo: } CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH(OH)) + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4} \text{ciclo: } CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-C{=}O$$

ciclohexanol → **ciclohexanona**

Ejercicios de autoevaluación de oxidación de alcoholes secundarios

1. Completa las siguientes reacciones y da nombre IUPAC a reactivos y productos.

a) $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_2-CH_3 + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ______________________________

b) ______________________ $+ [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4} CH_3-C(=O)-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

c) $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3 + [O] \xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ______________________________

d) ______________________ + [O] $\xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ $CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-CH_3$

e) $CH_3-CH(OH)-CH_3$ + [O] $\xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ ______________________

f) ______________________ + [O] $\xrightarrow[\Delta]{K_2Cr_2O_7 / H_2SO_4}$ $(CH_3)_2CH-C(=O)-CH(CH_3)_2$

4.3 Combustión de alcanos (reacciones de combustión)

Los alcanos son los compuestos orgánicos menos reactivos; sin embargo, a temperaturas altas reaccionan vigorosamente con el oxígeno, produciendo bióxido de carbono, agua y energía calorífica, a esto se le llama reacción de combustión.

La reacción de combustión no puede ser considerada como una reacción orgánica típica, ya que los reactivos casi siempre son mezclas de alcanos, donde el producto deseado es la cantidad considerable de energía calorífica que se libera en la reacción.

La ecuación que representa la combustión completa de un alcano, es la siguiente:

$$C_nH_{2n+2} + \left(\frac{3n+1}{2}\right) O_2 \xrightarrow{\Delta} {}_nCO_2 + (n+1)\, H_2O + \Delta$$

Ejemplo:

La ecuación que representa la combustión del butano es:

$$C_4H_{10} + \left(\frac{3(4)+1}{2}\right) O_2 \xrightarrow{\Delta} 4\, CO_2 + 5\, H_2O + \Delta$$

$$2\, C_4H_{10} + 13\, O_2 \xrightarrow{\Delta} 8\, CO_2 + 10\, H_2O + \Delta$$



Esta es una de las reacciones que se realizan cuando se quema el gas doméstico en cada uno de nuestros hogares. Es preciso tomar en cuenta lo peligroso que resulta tener aparatos que funcionan con hidrocarburos en una habitación cerrrada o calentar un automóvil en un garaje sin ventilación, ya que la proporción limitada de oxígeno provoca una combustión incompleta del combustible y da como resultado la producción de monóxido de carbono.

El monóxido de carbono es peligroso cuando se inhala, porque al pasar al torrente sanguíneo se une a la hemoglobina, en aquellos sitios donde el oxígeno debe de enlazarse, formándose así, la carboxihemoglobina, que provoca la muerte de la víctima si no recibe tratamiento alguno.

Ejercicios de autoevaluacion de combustión de alcanos

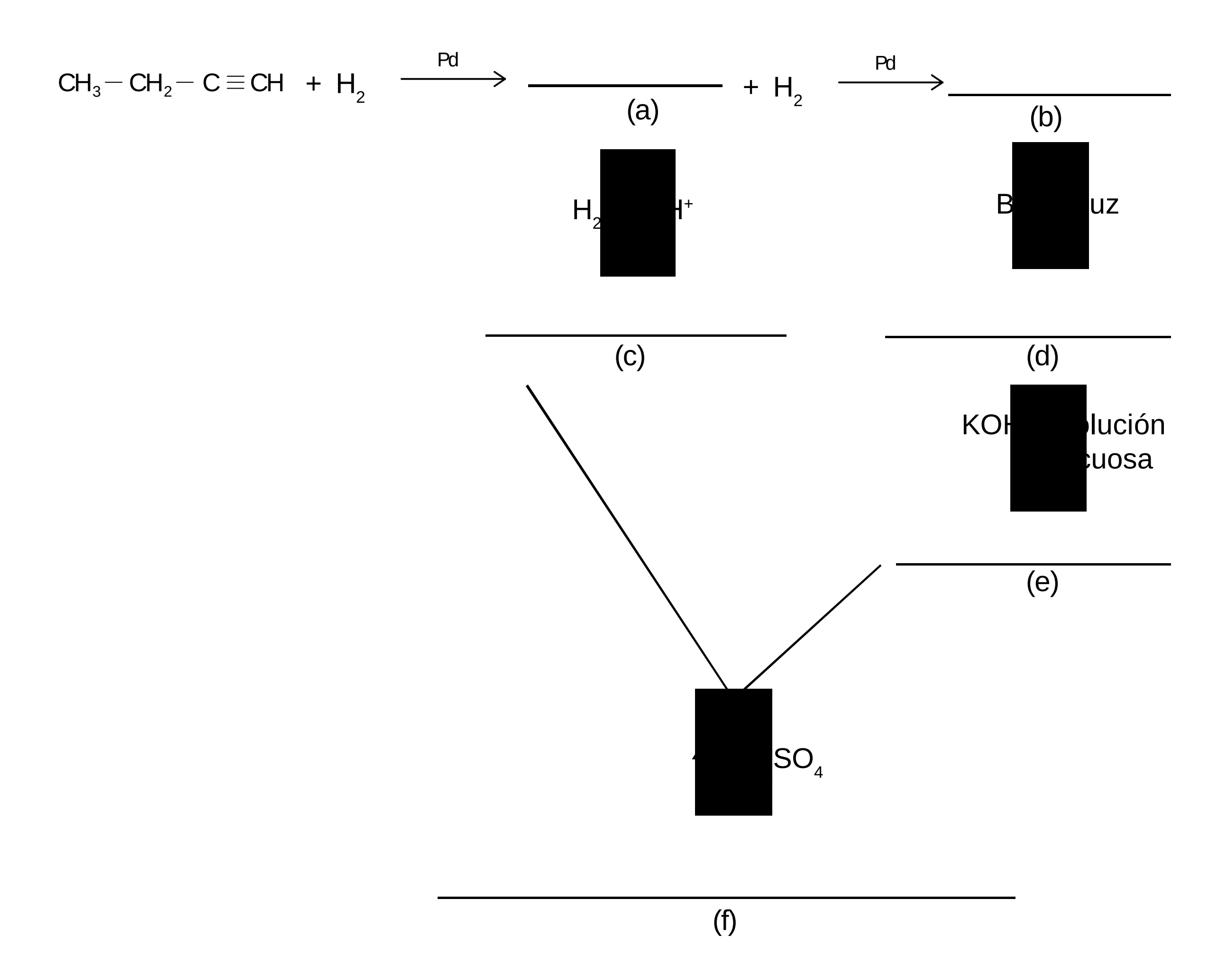
1. El gas doméstico es una mezcla de hidrocarburos, principalmente de propano y butano, aunque también posee algo de metano y etano. Escribe y balancea la ecuación de combustión para el propano.

2. La gasolina es una mezcla de hidrocarburos líquidos, principalmente de octanos aunque también posee pentanos, hexanos y heptanos. Escribe y balancea la ecuación de combustión completa del octano.

3. La cera parafínica utilizada en la fabricación de velas, contiene hidrocarburos de más de 25 carbonos. Escribe y balancea la ecuación para la combustión completa del alcano con 30 carbonos (triacontano).

Ejercicios globales

1. En cada una de las siguientes reacciones secuenciales, coloca sobre la línea indicada, el producto orgánico principal.



BIBLIOGRAFÍA

1. Chow, S., Petroquímica y sociedad, La ciencia desde México/39, CONACYT/ Fondo de cultura, 1989.

2. Domínguez, X.A., Química Orgánica, CECSA, México, 1991.

3. Fessenden, R.J. y Fessenden, J.S., Química Orgánica, Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1983.

4. Fox, M.A. y Whitesell, J.K. Química Orgánica, Pearson Educación, Mexico, 2000

5. Garritz, A. y Chamizo, J.A., Química, Addison Wesley, U.S.A.,1994.

6. Hein, M., Best,L.R. y Pattison, S., College Chemistry, Brooks/Cole Publishing Company, U.S.A, 1984.

7. Holum, J.R., Química Orgánica, Editorial Limusa, México, 1986.

8. López, N. A. y Milán, J.O., Química II, Publicaciones UAS-DGEP, México, 1992.

9. Mateos, J. L. Química Orgánica, Publicaciones UNAM, México, 1982.

10. Morrison and Boyd, Química Orgánica, Fondo Educativo Interamericano, U.S.A, 1976.

11. Murry, M., Química Orgánica, Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1994.

12. Ocampo, Z.G y Favela, G., Fundamentos de Química, Publicaciones Cultural, México, 1994.

13. Seese and Daub, Química, Prentice Hall, México, 1994.

14. Streitwieser, A. y Heathcock, C.H., Química Orgánica, Mc. GrawHill, México, 1993.

15. Wade, L.G., Química Orgánica, Prentice Hall, México, 1993.

16. Zumdahl, S.S., Fundamentos de Química, Mac GrawHill, México, 1994.

Química Orgánica. Nomenclatura, reacciones y aplicaciones

Se terminó de imprimir en enero de 2006, en los talleres gráficos de la Imprenta Universitaria, Ignacio Allende y Josefa Ortíz de Domínguez, Col. Gabriel Leyva, Culiacán, Sinaloa, México.
La edición consta de 3000 ejemplares